

**PRISCILA BRANCO DE FARIA
VÍTOR DE LIMA LADEIRA**

Projeto de Edifício Residencial Unifamiliar com Emprego do Modelo BIM

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia Civil da
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo

São Paulo,
Dezembro 2016

**PRISCILA BRANCO DE FARIA
VÍTOR DE LIMA LADEIRA**

Projeto de Edifício Residencial Unifamiliar com Emprego do Modelo BIM

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia Civil da
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo

Orientadora:
Profa. Dra. Lúcia Helena de Oliveira

São Paulo,
Dezembro 2016

Catálogo-na-publicação

Faria, Priscila

Projeto de Edifício Residencial Unifamiliar com Emprego do Modelo BIM
Trabalho / P. Faria, V. Ladeira -- São Paulo, 2016.

113 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Projeto de residência 2.Projeto de arquitetura 3.Projeto de estruturas
4 Projeto de sistemas prediais 5 Projeto em BIM I Universidade de São Paulo

RESUMO

Para a conclusão do curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP, os graduandos sentiram a necessidade de desenvolverem, na prática, um projeto com todos os subsistemas de um edifício integrados, aplicando os conhecimentos teóricos desenvolvidos durante a graduação, aperfeiçoando técnicas de projeto, reforçando os conteúdos já aprendidos e, ainda, inserindo-se nos atuais conceitos da Modelagem da Informação da Construção – BIM através da utilização de *softwares* como *Autodesk Revit Architecture* e *Autodesk Robot Structural Analysis*.

Propuseram e concluíram o projeto de um edifício residencial unifamiliar em terreno de 400 m² em São Paulo, com o desenvolvimento dos projetos arquitetônico, de fundações, estrutural, de sistemas prediais de água fria, esgoto sanitário e elétrico, orientados pelos Manuais de Escopo de Projeto, notas de aulas do curso de Engenharia Civil da EPUSP e da bibliografia descrita neste texto.

Palavras-Chave: Edifício residencial; Estrutura; Sistemas prediais; Fundações; Arquitetura; Engenharia Civil; Bim; Revit; Robot

ABSTRACT

In order to conclude the Civil Engineering course at Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, the students felt the necessity of developing, in practice, a project integrating the building systems, applying the theoretical knowledge developed during the graduation, improving project technics, reinforcing all the already learnt subjects and, still, introducing themselves to the current concepts of Building Information Modeling – BIM, through softwares such as *Autodesk Revit Architecture* and *Autodesk Robot Structural Analysis*.

They proposed and accomplished the project of a single family residential building in a 400 m² lot located in São Paulo, by developing the architectural, foundation, structural, cold water, sanitary sewage and electric supply systems projects, guided by the *Manuais de Escopo de Projeto*, by the Engineering Course's class notes and by the mentioned bibliography of this paper.

Keywords: Residential buildings; Structure; Supply systems; foundations; Architecture, Civil Engineering; BIM; Revit; Robot

Sumário

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS	1
2 OBJETIVOS	3
3 METODOLOGIA.....	4
3.1 Estudo preliminar	6
3.2 Programa de necessidades de arquitetura.....	6
3.3 Projeto de arquitetura.....	6
3.4 Legislação	7
3.4.1 Plano Diretor Estratégico.....	7
3.4.2 Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo.....	8
3.5 Softwares e modelo utilizados.....	9
3.5.1 BIM.....	9
3.6 Sistema prediais elétricos e hidros-sanitários	11
3.7 Lançamento da estrutura.....	12
3.8 Estudo de fundações.....	12
3.9 Estudos de terraplanagem	13
4 RESULTADOS	14
4.1 Projeto Arquitetônico	14
4.1.1 Programa de necessidades.....	15
4.1.2 Características do terreno	17
4.1.3 Legislação e código de obras.....	20
4.1.4 Concepção Arquitetônica	25
4.1.4.1 Orientação solar	25
4.1.4.2 Fachada	26
4.1.4.3 Garagem	26
4.1.4.4 Jardim frontal e medidores de insumos.....	27
4.1.4.5 Corredor lateral e lavanderia	27

4.1.4.6 Salas sociais	28
4.1.4.7 Sala de Jantar, cozinha e deck	29
4.1.4.8 Escada	30
4.1.4.9 Mezanino e área familiar	30
4.1.4.10 Suítes	31
4.1.4.11 Suíte máster	32
4.1.4.12 Área de lazer	32
4.1.4.13 Telhado verde	33
4.1.5 Vedação e revestimentos	37
4.1.5.1 Vedação e Revestimentos verticais.....	37
4.1.5.2 Revestimentos horizontais	38
4.1.6 Alvenaria	39
4.2 Projeto de sistemas prediais de água fria.....	40
4.2.1 Estimativa do consumo diário de água:.....	41
4.2.2 Dimensionamento do ramal predial e medição	42
4.2.3 Dimensionamento do alimentador predial	42
4.2.4 Volume do reservatório	43
4.2.5 Dimensionamento do sistema de distribuição	44
4.2.6 Vazão	44
4.2.7 Velocidade.....	46
4.2.8 Pressão	46
4.2.9 Memória de Cálculo.....	48
4.3 Projeto de sistemas prediais de coleta de esgoto sanitário.....	49
4.3.1 Componentes do sistema.....	50
4.3.2 Dimensionamento do sistema	50
4.3.2.1 Dimensionamento do ramal de descarga	51
4.3.2.2 Dimensionamento do ramal de esgoto	51

4.3.2.3 Dimensionamento do tubo de queda.....	52
4.3.2.4 Dimensionamento dos coletores e subcoletores prediais.....	52
4.3.2.4 Dimensionamento da coluna de ventilação	53
4.3.3 Orientações para o projeto	53
4.4 Projeto de sistemas prediais elétricos	54
4.4.1 Potência instalada	54
4.4.2 Previsão de carga de iluminação	54
4.4.3 Previsão de carga das TUGs	55
4.4.4 Previsão de carga das TUEs.....	55
4.4.5 Quadros de distribuição.....	56
4.4.6 Dimensionamento do circuito	56
4.4.6.1 Potência	57
4.4.6.2 Seção dos fios.....	57
4.3.6.3 Disjuntores	58
4.4.6.4 Eletrodutos	59
4.5 Movimentação de terra.....	59
4.6 Projeto de fundação	62
4.6.1 Solo	62
4.6.2 Estaca broca	63
4.6.3 Dimensionamento da fundação.....	63
4.6.4 Bloco de estacas	65
4.6.4.1 Dimensionamento dos blocos	65
4.6.4.2 Dimensionamento de bloco sobre uma estaca.....	67
4.6.4.2.1 Dimensionamento da armadura do bloco sobre uma estaca	68
4.6.4.3 Dimensionamento dos blocos sobre duas estacas	69
4.6.4.3.1 Dimensionamento da armadura dos blocos sobre duas estacas	70
4.6.4.3.2 Armaduras construtivas.....	72

4.6.4.4 Dimensionamento dos blocos sobre três estacas	73
4.7 Projeto estrutural	73
4.7.1 Solução adotada	73
4.7.2 Modelo de segurança adotado	74
4.7.3 Coeficientes de minoração das resistências	75
4.7.4 Coeficientes de majoração das ações para análise do ELU	76
4.7.5 Coeficientes de majoração e ponderação das ações para análise do ELS	77
4.7.6 Formulação para cálculo das ações nas combinações do ELU e ELS	78
4.7.7 Classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal da armadura	79
4.7.8 Materiais especificados	80
4.7.8.1 Concreto	80
4.7.8.2 Aço	81
4.7.9 Propriedades físicas do concreto estrutural	81
4.7.9.1 Massa específica e coeficiente de dilatação térmica	81
4.7.9.2 Resistência do concreto à tração	81
4.7.9.3 Módulo de elasticidade	82
4.7.9.4 Coeficiente de Poisson	82
4.7.9.5 Coeficiente de fluência	82
4.7.10 Ações	83
4.7.11 Lançamento da estrutura e pré-dimensionamento	85
4.7.11.1 Pré-dimensionamento de lajes e vigas	86
4.7.12 Robot Structural Analysis	92
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
6 REFERÊNCIAS	96
ANEXO A - SONDAGENS SPT	100
APÊNDICE A – PADRÃO DE PROJETO	106
APÊNDICE B – PROJETO DE ESTRUTURAIS	107

APÊNDICE C – PROJETO DE MOVIMENTO DE TERRA.....	108
APÊNDICE D – PROJETO DE FUNDAÇÕES	109
APÊNDICE E – PROJETO DE HIDRÁULICA	110
APÊNDICE F – PROJETO ELÉTRICO	111
APÊNDICE G – PROJETO DE ARQUITETURA.....	112
APÊNDICE H – PROJETO DE IMPLANTAÇÃO	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fluxograma de trabalho	5
Figura 2 Divisão do município de São Paulo em macrozonas e macroáreas, conforme Plano Diretor	8
Figura 3 Primeiro estágio de modelagem para a implementação do BIM	10
Figura 4 Segunda etapa da implementação do BIM	10
Figura 5 Terceira etapa da implementação do BIM.....	11
Figura 6 Interfaces do projeto arquitetônico	14
Figura 7 Planta do primeiro pavimento.....	16
Figura 8 Planta do segundo pavimento.....	16
Figura 9 Fluxo entre os ambientes	16
Figura 10 Localização do terreno na subprefeitura de Santana/Tucuruvi	17
Figura 11 Mapa com a localização do terreno.....	17
Figura 12 Foto da fachada de edificação existente a ser demolida.....	18
Figura 13 Planialtimetria e área a demolir	18
Figura 14 Declividade do terreno	19
Figura 15 Quadro de áreas	19
Figura 16 Localização do terreno na ZEU	20
Figura 17 Localização do terreno na PA 8	21
Figura 18 Esboço inicial da fachada posterior.....	25
Figura 19 Modelagem 3D do projeto arquitetônico.....	26
Figura 20 Pisograma no jardim	27
Figura 21 Lavanderia	28
Figura 22 Salas sociais	29
Figura 23 Sala de jantar, cozinha e deck	30
Figura 24 Mezanino e espaço familiar.....	31
Figura 25 Suítes 1 e 2	31
Figura 26 Suíte master.....	32
Figura 27 Área de lazer.....	33
Figura 28 Camadas de um telhado verde	34
Figura 29 Esquema com as camadas de um telhado verde simples	35
Figura 30 Comparação da temperatura radiante com e sem telhado verde	35
Figura 31 Camada drenante.....	36
Figura 32 Tubo soldável de PVC.....	43

Figura 33 Padrão de reservatórios Tigre	44
Figura 34 Dimensões dos reservatórios Tigre	44
Figura 35 Representação tridimensional do sistema predial de água fria – wc suítes	48
Figura 36 Representação tridimensional do sistema predial de água fria - cobertura.	49
Figura 37 Representação tridimensional do sistema predial de água fria - geral.....	49
Figura 38 Representação do ramal de descarga, ramal de esgoto e tubo de queda	50
Figura 39 Distância entre as estacas	66
Figura 40 Altura dos blocos em função do ângulo de biелamento e comprimento dos arranques	67
Figura 41 Dimensionamento dos blocos sobre uma estaca	68
Figura 42 Dimensionamento da armadura dos blocos	69
Figura 43 Dimensionamento do bloco sobre duas estacas	70
Figura 44 Carregamento e reações da armadura dos tirantes	71
Figura 45 Distribuição das armaduras do tirante	72
Figura 46 Mapa de Isopletas do Brasil	85
Figura 47 Fluxo do caminhamento das cargas em um edifício	87
Figura 48 Verificação da laje 17, VC14 e pilar P2	91
Figura 49 Carregamento e diagramas de esforços solicitantes da viga com carregamentos mais elevados, VC14.....	91
Figura 50 Verificação da laje 4, VB 15 e P10	91
Figura 51 Carregamento e diagramas de esforços solicitantes da segunda viga mais carregada, VB15	92

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Limites segundo o código de obras	22
Tabela 2 Limites conforme Parcelamento, Uso e Ocupação	22
Tabela 3 Parede e revestimento vertical por cômodo	38
Tabela 4 Revestimentos Horizontais por ambiente	39
Tabela 5 Índices de esbeltez conforme	40
Tabela 6 Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização	45
Tabela 7 Comprimento equivalente das singularidades	47
Tabela 8 Diâmetro do ramal de descarga	51
Tabela 9 Diâmetro do ramal de esgoto	52
Tabela 10 Diâmetro do tubo de queda	52
Tabela 11 Diâmetro dos coletores e subcoletores prediais	53
Tabela 12 Fator de demanda por potência instalada	57
Tabela 13 Corrente máxima pela seção do fio	58
Tabela 14 Taxas de empolamento de acordo com os tipos de solo	60
Tabela 15 Resultado do dimensionamento das fundações em estaca broca	65
Tabela 16 Matriz e decisão do método construtivo	73
Tabela 17 Parâmetros para pré-dimensionamento das lajes	88
Tabela 18 Pré-dimensionamento de Lajes	89
Tabela 19 Pré-dimensionamento de Vigas	90

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS

Este Trabalho de Formatura versa sobre a concepção e projeto de um edifício residencial unifamiliar, abrangendo seus subsistemas arquitetônicos, elétricos, de água fria, esgoto e estruturais, com o diferencial de que o projeto foi desenvolvido com o emprego do software Revit e suas extensões, compatível com a Modelagem da Informação da Construção (BIM – Building Information Modeling).

A modelagem citada corresponde a uma mudança de paradigmas da construção convencional, em que os projetos de diferentes disciplinas, bem como os levantamentos de quantitativos, orçamentos, planejamento físico, cronogramas e demais fases de um projeto são realizados separadamente, despendendo elevada carga horária entre cada uma delas. A partir do BIM, estas etapas do processo são mapeadas. Todas as alterações feitas em projeto são registradas e, simultaneamente, recalculados os quantitativos, relacionados a custos unitários e prazos de execução, gerando novos resultados que podem ser verificados e validados em reduzidos intervalos de tempo, acelerando tomadas de decisões e tornando os projetos mais previsíveis (SOUZA; AMORIM e LYRIO, 2009).

Durante a graduação no curso de Engenharia Civil, os estudantes são intensamente apresentados às teorias para desenvolvimentos de cálculos estruturais, dimensionamentos de sistemas e técnicas de construção, ao passo que se distanciam da prática, do desenvolvimento de projetos integrados e do aprendizado de novas tecnologias.

As motivações e justificativas para o desenvolvimento deste trabalho são: aplicação destas teorias no desenvolvimento de projetos de subsistemas integrados, o desenvolvimento de conhecimentos em arquitetura, pouco abordados durante a graduação, a compreensão da necessidade de colaboração e compatibilização entre projetos arquitetônicos, estruturais e de sistemas, o aprendizado de softwares como o Autodesk Revit e inserção ao modelo de gestão da informação da construção – BIM - até então desconhecidos pelos integrantes.

Assim sendo, o trabalho apresentado foi desenvolvido a partir de um terreno de 400 m² na Rua Capitão Sérvio Rodrigues Caldas, 116, Vila Dom Pedro II, na cidade de São Paulo. Trata-se de um edifício residencial unifamiliar projetado de acordo com as necessidades do cliente, proprietário do terreno em questão, que já contratou os estudos preliminares de solo.

2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho são desenvolver o projeto de uma residência unifamiliar utilizando o modelo BIM de gestão do processo, através das plataformas a ele compatíveis, contendo:

- projeto arquitetônico
- projeto estrutural
- projeto de sistemas elétricos
- projeto de sistemas de água fria e esgoto

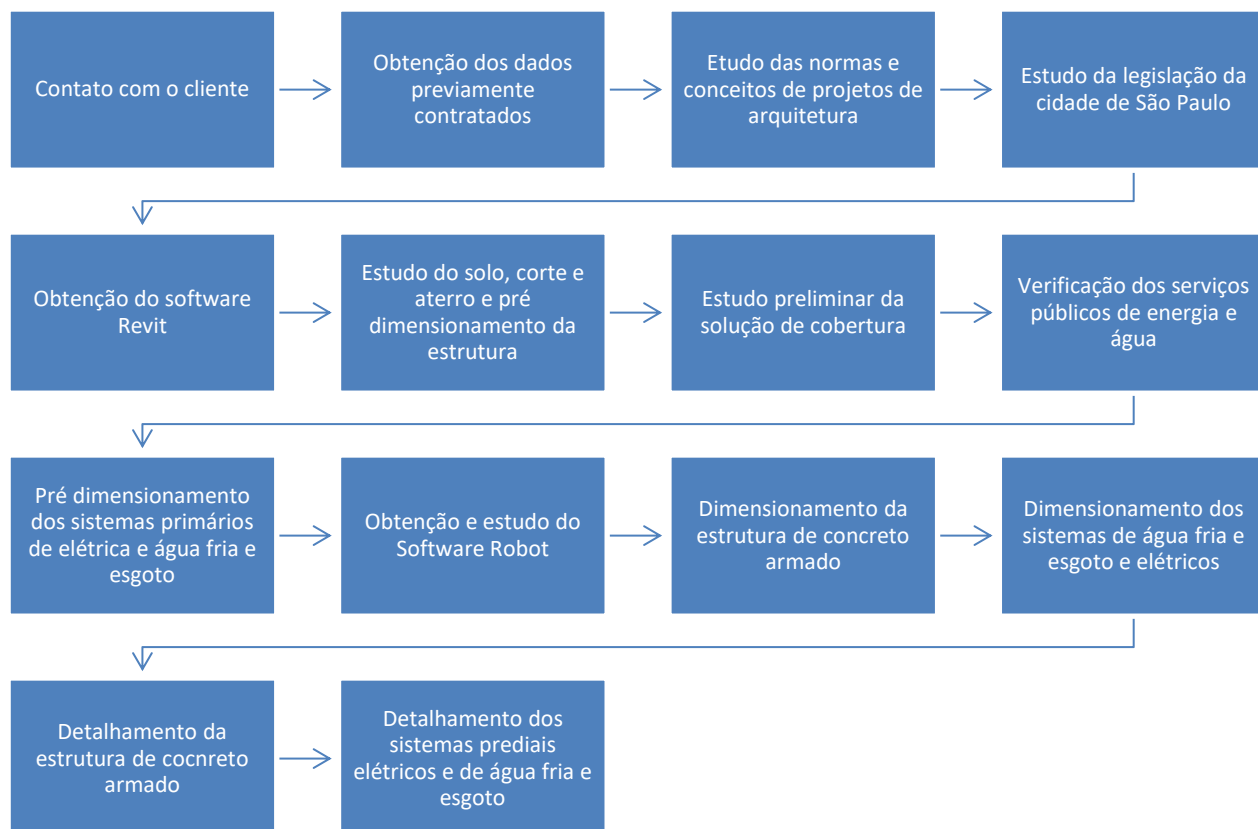
3 METODOLOGIA

Para a elaboração do projeto desde a prospecção do terreno até o desenho dos projetos, são muitas as interações entre as diferentes especialidades técnicas. Por isso, a definição clara do que se pretende desenvolver e as etapas a serem cumpridas durante os trabalhos torna-se necessária.

De forma orientativa quanto ao escopo de projeto que deveria ser apresentado, foram consultados os Manuais de Escopo de Projetos e Serviços para Indústria Imobiliária, elaborado conjuntamente pelas entidades Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE), Associação Brasileira de Engenharia de Sistemas Prediais (ABRASIP), Associação Brasileira dos Escritórios de Engenharia (AsBEA), Sindicato da Habitação de São Paulo (SECOVI SP), Sindicato da Indústria da Instalação (SINDINSTALAÇÃO SP) e Sindicato da Indústria da Construção de São Paulo (SINDUSCON SP), cujas exigências foram seguidas à medida que se adequassem ao trabalho aqui proposto.

O fluxograma da Figura 1 representa as etapas de desenvolvimento deste projeto:

Figura 1 Fluxograma de trabalho



Fonte: Elaborado pelos autores

3.1 Estudo preliminar

Para o início do projeto, foram realizadas as seguintes atividades:

- duas reuniões com o cliente, para entender desenvolver o programa de necessidades;
- visitas ao terreno;
- obtenção dos estudos já contratados pelo cliente:
 - planialtimetria
 - ensaios SPT do solo

3.2 Programa de necessidades de arquitetura

Por meio do contato inicial do cliente, foi traçado o plano de necessidades com o qual se pôde desenvolver a concepção arquitetônica para o projeto legal. Conforme a NBR 13532 (ABNT, 1994), as informações técnicas a se produzir nesta etapa são:

[NBR 13532 (ABNT,1994]

[...]

4.4.3.2 Informações técnicas a produzir:

a) as necessárias à concepção arquitetônica da edificação (ambiente construído ou artificial) e aos serviços de obra, como nome, número e dimensões (gabaritos, áreas úteis e construídas) dos ambientes, com distinção entre os ambientes a construir, a ampliar, a reduzir e a recuperar, características, exigências, número, idade e permanência dos usuários, em cada ambiente;

b) características funcionais ou das atividades em cada ambiente (ocupação, capacidade, movimentos, fluxos e períodos);

c) características, dimensões e serviços dos equipamentos e mobiliário; exigências ambientais, níveis de desempenho; instalações especiais (elétricas, mecânicas, hidráulicas e sanitárias).

[...]

3.3 Projeto de arquitetura

Para a concepção e desenvolvimento de um projeto de arquitetura adequado, garantindo conforto, habitabilidade e construtibilidade, atendendo às necessidades do cliente e adequando-se às normas previstas na legislação, foi necessária a consulta a especialistas devido ao pouco conhecimento do grupo neste tema, e à seguinte bibliografia:

- Lei 16.050/14 - Plano Diretor Estratégico;
- Lei 16.402/16 – Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo;
- Arte de projetar em arquitetura. 7ª Edição. Editora Gustavo Gili. São Paulo, 1976;
- NBR 13532:1994 - Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura;
- NBR 6492:1992 - Representação de projetos de arquitetura;
- NBR 9050:2015 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.

3.4 Legislação

Para o desenvolvimento do Projeto Legal de Arquitetura, foi consultada a legislação da cidade de São Paulo. Especificamente, os seguintes documentos:

- Lei 16.050/14 - Plano Diretor Estratégico;
- Lei 16.402/16 – Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo.

3.4.1 Plano Diretor Estratégico

O novo Plano Diretor do Município de São Paulo foi sancionado pelo Prefeito Fernando Haddad em 31 de Julho de 2014 e tem como principal função, reequilibrar a cidade, reduzir terras ociosas, incentivar o desenvolvimento social e aproximar áreas com oferta de emprego e moradia. Sua definição está clara na citação à Lei 16.050/14 abaixo:

[Lei 16.050/14 - Plano Diretor Estratégico]

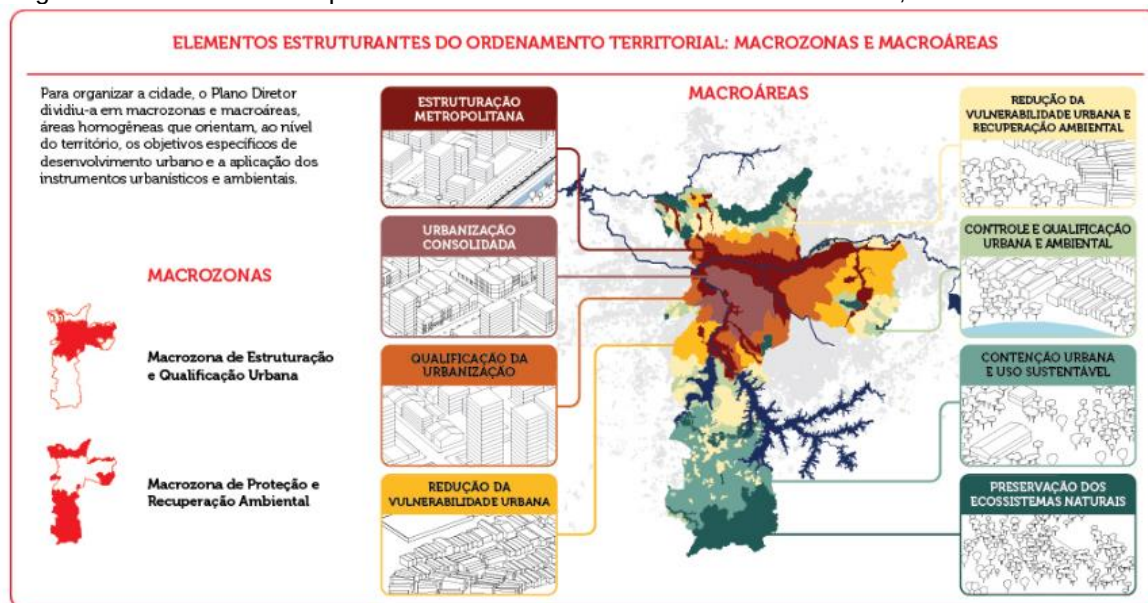
§ 1º A Política de Desenvolvimento Urbano é o conjunto de planos e ações que tem como objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e o uso socialmente justo e ecologicamente equilibrado e diversificado de seu território, de forma a assegurar o bem-estar e a qualidade de vida de seus habitantes.

§ 2º O Sistema de Planejamento Urbano corresponde ao conjunto de órgãos, normas, recursos humanos e técnicos que tem como objetivo coordenar as ações referentes ao desenvolvimento urbano, de iniciativa dos setores público e privado, integrando-as com os diversos programas setoriais, visando à dinamização e à modernização da ação governamental.

§ 3º O Plano Diretor Estratégico é o instrumento básico da Política de Desenvolvimento Urbano do Município de São Paulo, determinante para todos os agentes públicos e privados que atuam em seu território.

O Novo Plano Diretor divide a cidade em duas macrozonas e oito macroáreas, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 Divisão do município de São Paulo em macrozonas e macroáreas, conforme Plano Diretor



Fonte: Disponível em <http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/marco-regulatorio/plano-diretor/texto-da-lei-ilustrado/>, consultado em 25/02/2016

3.4.2 Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo

A lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo do Município de São Paulo foi sancionada em 23 de Março de 2016, pelo Prefeito Fernando Haddad, com o objetivo de normatizar as ações públicas e privadas no uso do solo da cidade de acordo com as premissas do Plano Diretor. Esta lei delimita parâmetros construtivos de acordo com o zoneamento, tais quais:

- coeficiente de aproveitamento;
- taxa de ocupação;
- tamanho dos lotes;
- gabarito de altura;
- recuos frontais e laterais.

[Lei 16.402/16 – Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo]

Art. 1º O parcelamento, o uso e a ocupação do solo no território do Município de São Paulo ficam disciplinados pelas disposições desta lei, de acordo com a Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014 – PDE, e legislação correlata.

3.5 Softwares e modelo utilizados

O projeto foi desenvolvido com o emprego de softwares compatíveis com o modelo BIM – Building Information Modeling (Modelagem da Informação da Construção), quais sejam:

- Autodesk Revit® BIM
- Autodesk Robot Structural Analysis®

3.5.1 BIM

Com o aumento da necessidade por maiores índices de produtividade, no Brasil impulsionada por programas como Minha Casa Minha Vida e Programa de Aceleração do Crescimento, que injetaram investimentos na construção civil, foi necessária a busca por tecnologias que reduzissem custos, tempo e mão de obra produzindo mais assertivamente.

Neste contexto de investimento em novas tecnologias, o BIM começa a ganhar espaço no país segundo Nardelli e Tonso (2014).

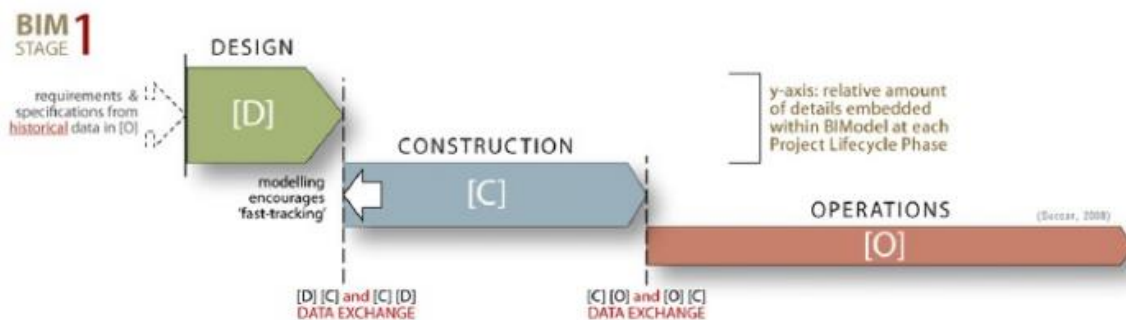
Conceitua-se BIM como um modelo de gestão do processo, com base na tecnologia da informação que sintetiza em um modelo tridimensional todas as informações oriundas dos subprocessos, que ocorrem colaborativa e simultaneamente (SANTOS, 2009).

O processo de implementação do BIM passa por três estágios (SUCCAR, 2009): modelagem, colaboração e integração, que podem ser visualizadas nas Figuras 3, 4 e 5.

Primeiro estágio: modelagem

Estágio no qual o processo colaborativo não é intenso, havendo pouca troca entre os três processos. Aqui, utiliza-se a modelagem 3D para gerir as plantas 2D e gerar listas de quantidades mais acuradas.

Figura 3 Primeiro estágio de modelagem para a implementação do BIM

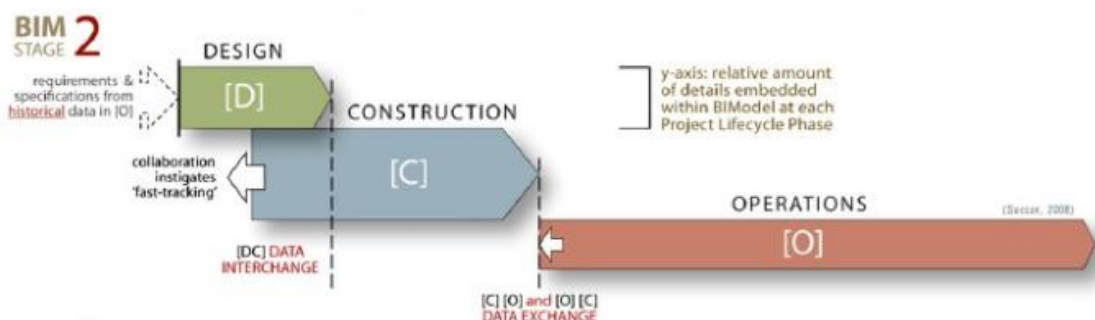


Fonte: SUCCAR (2009)

Segundo estágio: colaboração

Início da colaboração entre a construção e o projeto, através da gestão de facilidades e pré-fabricados, e integração entre as diferentes disciplinas.

Figura 4 Segunda etapa da implementação do BIM

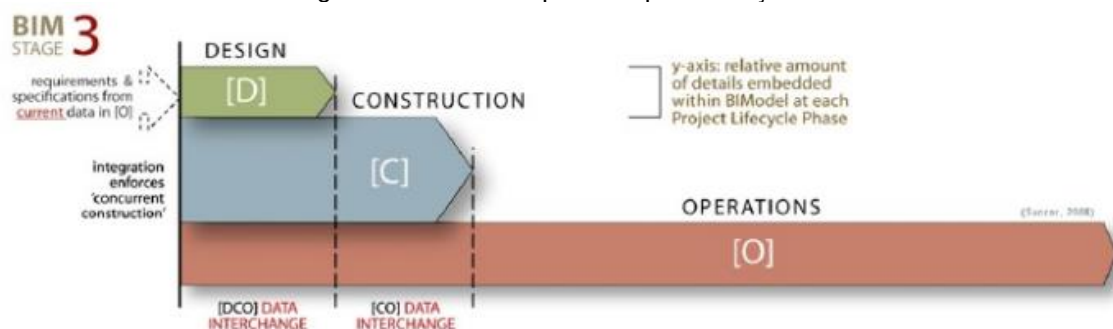


Fonte: SUCCAR (2009)

Terceiro estágio: integração

Softwares específicos permitem analisar e acompanhar o produto durante toda a sua vida útil, e projetar sua operação já no início do projeto. Há integração entre as três fases.

Figura 5 Terceira etapa da implementação do BIM



Fonte: SUCCAR (2009)

Deste modo, o processo de projeto, construção e operação tendem à simultaneidade à medida que se intensifica e desenvolve a produção em BIM.

Cita-se Succar para justificar a amplitude do conceito do BIM e que, desta forma, à medida que os projetistas se inserem neste modelo aos poucos e de maneira planejada, já podem obter dele os efeitos positivos.

Por se tratar de um período curto de trabalho e considerando que os integrantes partem de um conhecimento pouquíssimo avançado do modelo e dos softwares que o apoiam, alocam-se no primeiro estágio. Então, foi desenvolvido um modelo 3D para gerir as plantas de forma compatibilizada com as demais disciplinas desde o início, imponto as restrições dimensionais e características construtivas, como espessuras estruturais e de revestimentos. Desta forma, é possível otimizar o levantamento quantitativo, as análises estruturais e térmicas e, por fim, produzir um projeto com maior facilidade de obtenção de seu custo de construção.

3.6 Sistema prediais elétricos e hidros-sanitários

Para o desenvolvimento dos projetos de instalações elétricas e de água fria e esgoto, compatíveis com a arquitetura e com garantia de funcionalidade e segurança, foram utilizados:

- Texto Técnico EPUSP: Sistemas Prediais de Água Fria (ILHA E GONÇALVES, 2008);
- notas de aula de PCC2465;
- Manual de Instalações Elétricas Residenciais (Pirelli, 2006).

3.7 Lançamento da estrutura

Para o lançamento preliminar da estrutura, foram consultados especialistas do departamento de estruturas da Escola Politécnica, além das notas de aula das disciplinas PEF2303 e PEF2304 (Estruturas de Concreto I e II da Escola Politécnica). O lançamento da estrutura foi feito no Autodesk Revit e sua análise foi realizada por meio do Autodesk Robot Structural Analysis.

Seguiu-se à seguinte bibliografia:

- SANTOS, Lauro Modesto dos, Cálculo de Concreto Armado, vol. 1 e 2 Editora Edgard Blucher Ltda, 1977.
- FUSCO, Péricles Brasiliense, Fundamentos do Projeto Estrutural Editora da USP, Editora McGraw-Hill do Brasil Ltda, 1976.
- SUSSEKIND, José Carlos, Curso de Concreto, Vol. 1 e 2 Editora Globo SA, RJ.
- LEONHARDT, F. e MONNIG, E., Construções de Concreto Livraria Interciência Ltda, RJ, 1977.
- NBR 6118:2007 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.
- NBR 6120:1980 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.
- NBR 6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações.
- NBR 8681:2003 – Ações e segurança nas estruturas - Procedimento.

3.8 Estudo de fundações

Para os estudos das fundações adotadas ao projeto, foram consultados os especialistas do departamento de estruturas da Escola Politécnica, bem como as notas de aula da disciplina PEF2405 – Fundações, da mesma Escola. Foi desenvolvido o projeto no Autodesk Revit Structure e consultada a seguinte bibliografia:

- VELLOSO, D. e LOPES, F. – Fundações (volume completo). Oficina de Textos, 2012.
- HACHICH, W. et al. - Fundações: Teoria e Prática. Pini, 1998.
- PINTO, C.S. Curso Básico de Mecânica dos Solos. Oficina de Textos, 2001.
- NBR 6122:2010 – Projeto e execução de fundações.
- Notas de aula da disciplina de fundações da Faculdade de Engenharia Civil da Unicamp (Prof. Dr. Luiz Carlos de Almeida, 2006)

- Notas de aula da disciplina de estrutura de Concreto Armado III 2133 da Unesp (Prof. Dr. Paulo Sérgio dos Santos Bastos, 2013)
- NBR 6118:2007 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.

3.9 Estudos de terraplanagem

Para o estudo de terraplanagem, foram consultados especialistas do departamento de estruturas da Escola Politécnica, e a literatura:

- PINTO, C.S. Curso Básico de Mecânica dos Solos. Oficina de Textos, 2001.
- MATTOS, A.D. Como Preparar Orçamento de Obras. PINI, 2006.

4 RESULTADOS

Neste capítulo encontram-se a descrição dos projetos e dos processos, bem como os memoriais descritivos.

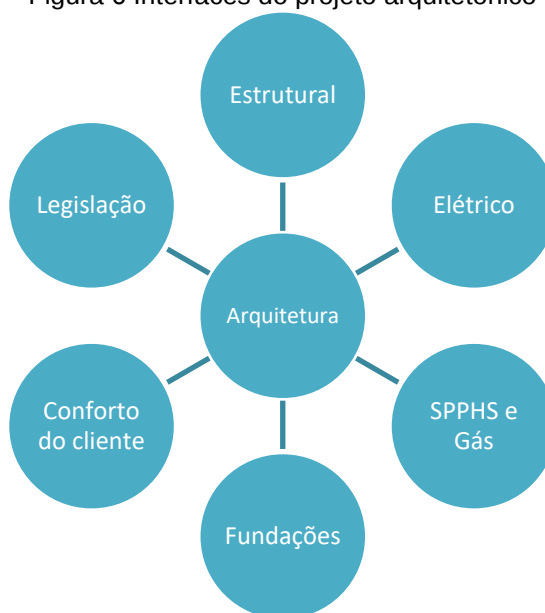
4.1 Projeto Arquitetônico

A concepção da planta arquitetônica é primordial para o projeto de uma construção. É o produto final percebido pelo cliente, que lhe trará conforto, ao passo que, nas fases de projeto, obra e operação, ela deve ser compatível com todos os demais subsistemas: estrutural, elétrico, água fria, esgoto sanitário, fundações, apresentado na Figura 6.

O lote está inserido no município de São Paulo, que possui legislação quanto a edificações que devem ser seguidas.

Nos itens a seguir, detalha-se cada passo dessa busca pela satisfação do cliente e integração de todos os projetos.

Figura 6 Interfaces do projeto arquitetônico



Fonte elaborado pelos autores

Os projetos referentes a essa disciplina são apresentados no Apêndice G. A Implantação encontra-se no Apêndice H.

4.1.1 Programa de necessidades

A divisão dos ambientes de acordo com a expectativa de utilização e funcionalidades é denominada de programa de necessidades, conforme explica o verbete do Dicionário Ilustrado de Arquitetura:

Espaço arquitetônico definido de acordo com o conjunto de atividades sociais e funcionais nele exercido e com o papel que representa para a sociedade. Os programas arquitetônicos modificam-se no tempo segundo as novas necessidades criadas pelo homem.
Classificação, em termos genéricos ou minuciosa, do conjunto de necessidades funcionais correspondentes à utilização do espaço interno e à sua divisão em ambientes, recintos ou compartimentos, requerida para que um edifício tenha um determinado uso. " (ALBERNAZ; LIMA, 1998)

Ele foi desenvolvido a partir do contato com os clientes, no qual foram definidas as necessidades dos usuários.

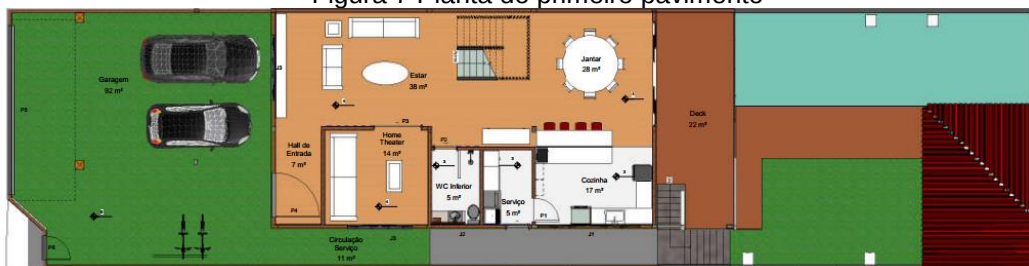
Através do programa de necessidades, iniciou-se o projeto de arquitetura de modo a adaptar as solicitações do cliente às limitações legais e do terreno, e a garantir os padrões de conforto e habitabilidade.

As exigências de projeto, obtidas através de duas reuniões e contato via internet, estão apresentadas a seguir:

- amplitude dos ambientes;
- banheiros em todos os dormitórios (suítes);
- três dormitórios;
- área de lazer com piscina, churrasqueira e hidromassagem;
- espaço interno para estacionamento de pelo menos dois carros e bicicletário;
- cozinha integrada com a sala;
- sala de TV.

Partindo dessas premissas, criou-se a disposição dos ambientes apresentados nas Figuras 7 e 8 e detalhados nos próximos itens.

Figura 7 Planta do primeiro pavimento



Fonte: elaborado pelos autores (2016)

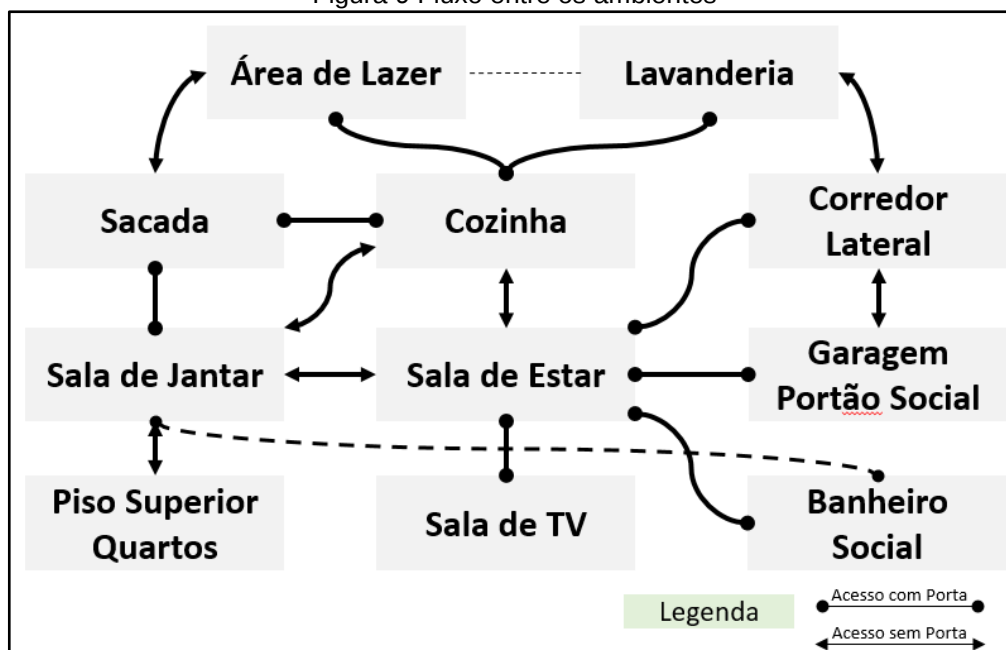
Figura 8 Planta do segundo pavimento



Fonte: elaborado pelos autores (2016)

As possibilidades de fluxo entre os ambientes, representadas na Figura 9, revela a integração entre os ambientes proposta, valorizando o convívio e conectividade entre moradores e possíveis visitas em eventos sociais.

Figura 9 Fluxo entre os ambientes



Fonte: elaborado pelos autores (2016)

4.1.2 Características do terreno

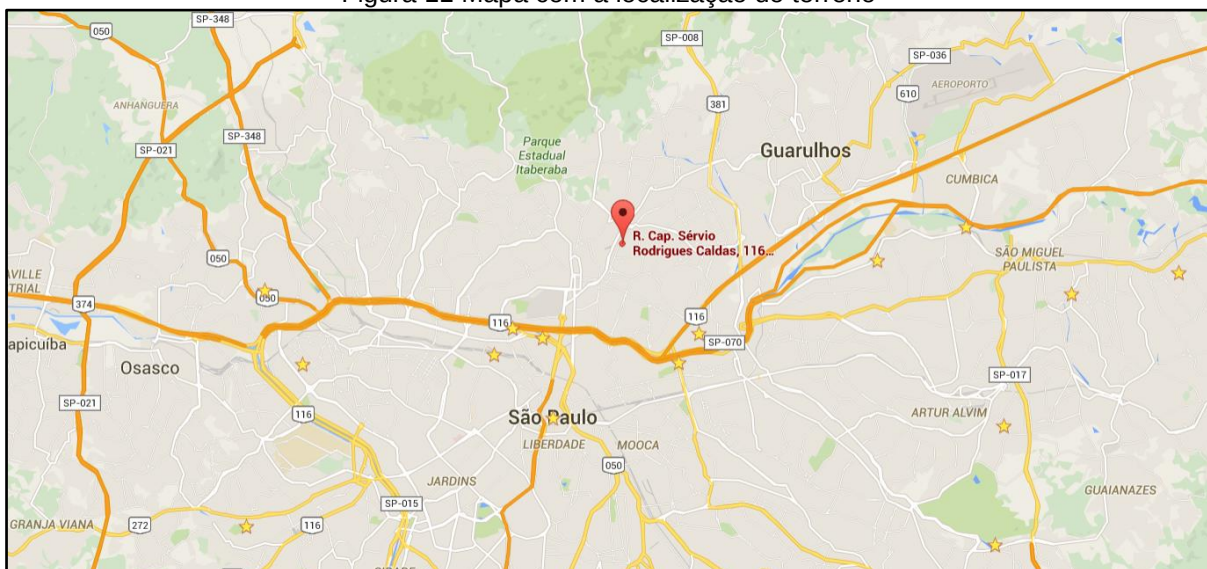
O terreno de 10m de largura e 40m de comprimento localiza-se na Rua Capitão Sérvio Rodrigues Caldas nº 116, na Zona Nordeste, conforme ilustrado nas Figuras 10 e 11. Está situado no distrito de Tucuruvi e é administrado pela Subprefeitura de Santana. Segundo o censo (IBGE, 2010), Tucuruvi tem uma área de 9 km² com 98.438 habitantes e densidade demográfica 10.938 hab/km².

Figura 10 Localização do terreno na subprefeitura de Santana/Tucuruvi



Fonte: Disponível em <http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/>, consultado em 25/02/2016

Figura 11 Mapa com a localização do terreno



Fonte: Google Maps

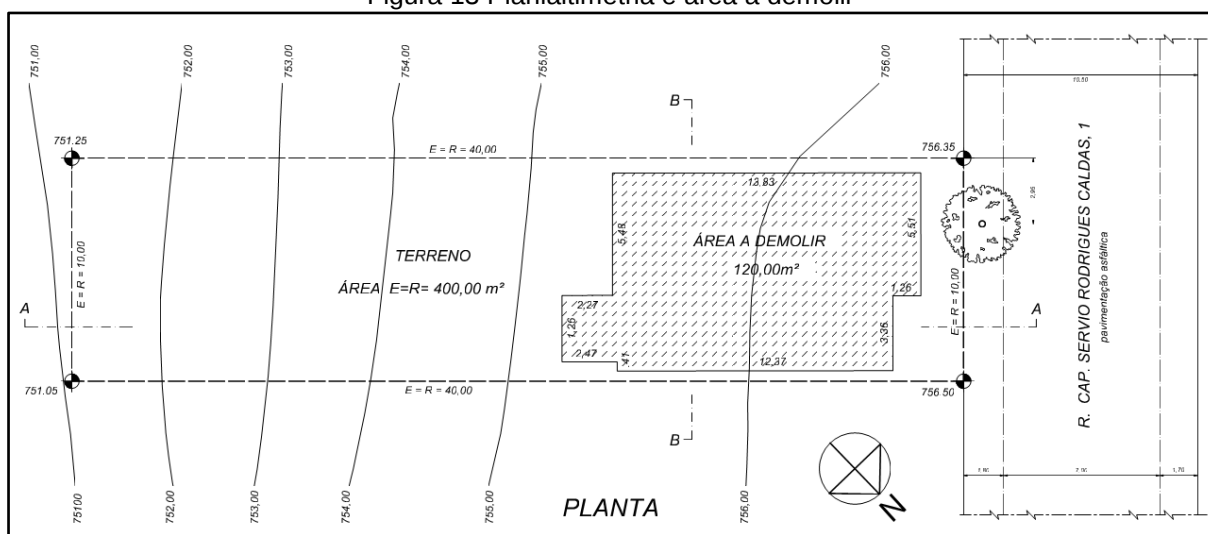
Atualmente, há uma edificação de 120 m² que deve ser demolida antes de ser iniciada a construção, conforme ilustrado na foto da fachada da Figura 12 e em planta na Figura 13.

Figura 12 Foto da fachada de edificação existente a ser demolida



Fonte: Google maps

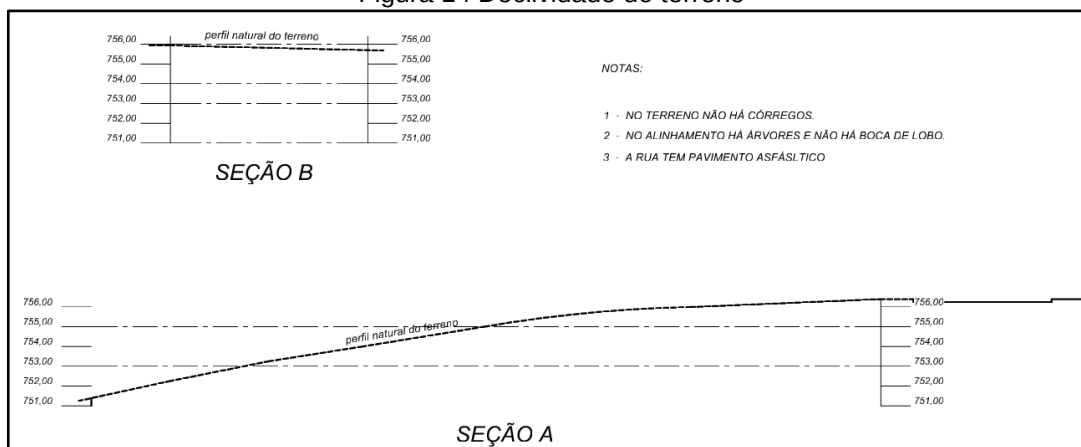
Figura 13 Planialtimetria e área a demolir



Fonte: EMPREITEC

O terreno apresenta uma declividade bastante acentuada, elevando a dificuldade do projeto. Conforme perfil apresentado na Figura 14, aproximadamente 40% do terreno está no mesmo nível da rua e o restante chega a um desnível de -5m para o fundo.

Figura 14 Declividade do terreno



Fonte: EMPREITEC

O terreno está limitado em uma das faces por uma rua e, nas três outras, por construções residenciais, conforme apresentado na Figura 15. Na face oposta à rua, o terreno faz limite com um edifício. Na face frontal, a entrada para o terreno é limitada por uma árvore, aspecto considerado na determinação das dimensões de acesso para veículos da residência.

Figura 15 Quadro de áreas



Fonte: EMPREITEC

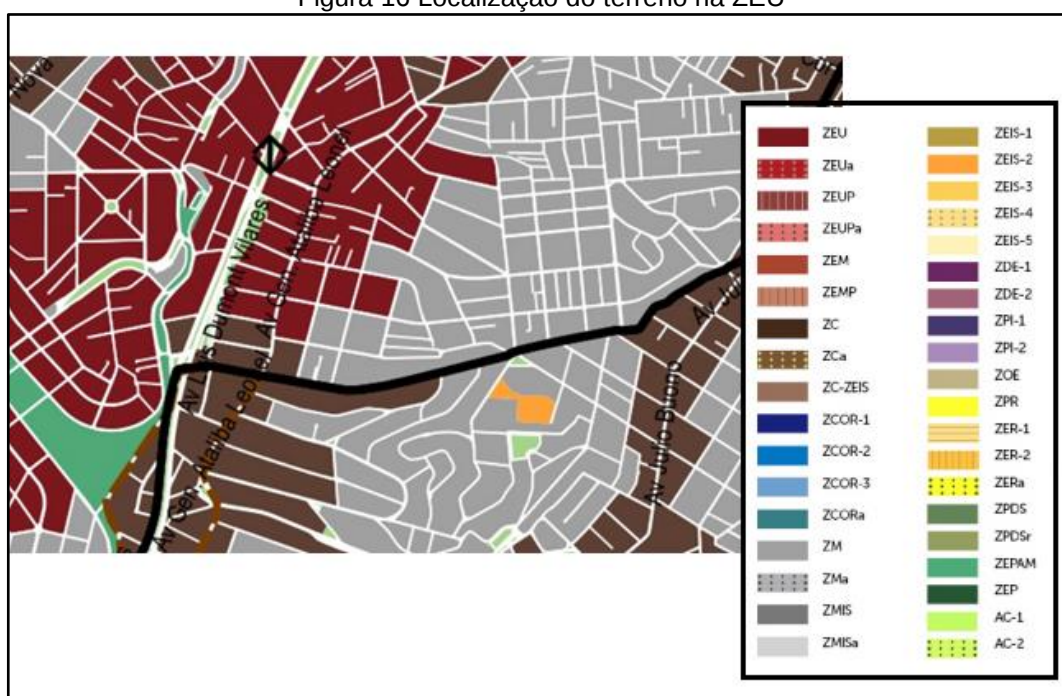
4.1.3 Legislação e código de obras

Para o desenvolvimento do projeto, conforme todos os requisitos legais exigidos, foram verificadas a Lei nº16.402 (São Paulo, 2016), a Lei nº 16.050 (São Paulo, 2014) e a Lei nº 11.228/ (São Paulo, 1992).

A divisão da cidade em áreas é um instrumento do Plano Diretor que possibilita a criação e aplicação de diretrizes diferenciadas para o Uso e Ocupação do Solo de acordo com os interesses públicos definidos para cada zona.

O portal da prefeitura de São Paulo disponibiliza aos usuários o mapa digital da cidade de São Paulo, através do qual é possível localizar um lote em sua zona de ocupação e quota ambiental. Desta forma, ficou-se o terreno se localiza na Zona de Eixo de Estruturação da Transformação Urbana - ZEU e quota ambiental PA8, conforme Figuras 16 e 17.

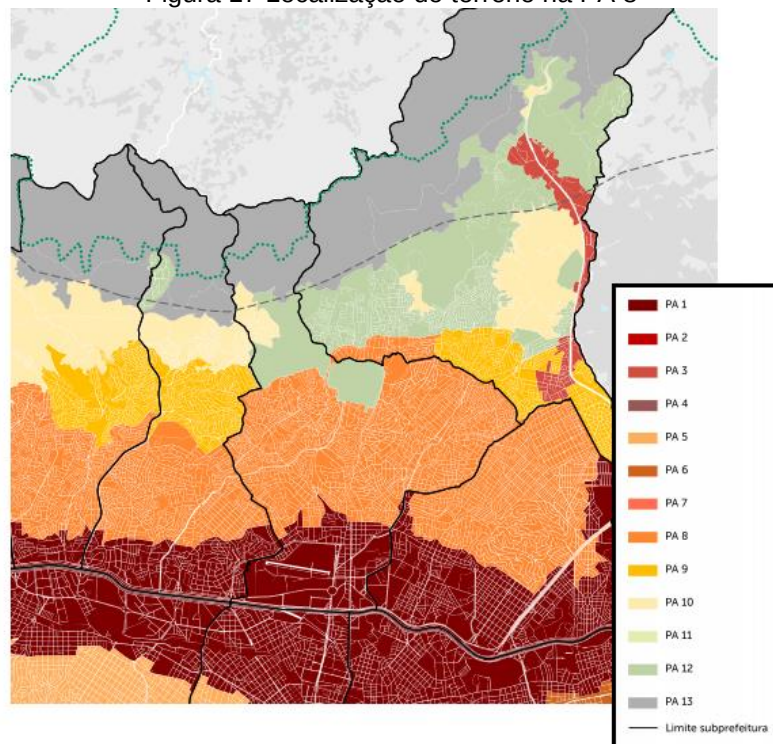
Figura 16 Localização do terreno na ZEU



Fonte: Disponível em

www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/desenvolvimento_urbano/menu/index.php?p=214281,
consultado em 19/06/2016

Figura 17 Localização do terreno na PA 8



Fonte: Disponível em

www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/desenvolvimento_urbano/menu/index.php?p=214281,
consultado em 19/06/2016

Os territórios de transformação, nos quais estão situadas as ZEUs, visam o adensamento construtivo e populacional das atividades econômicas e serviços públicos, bem como a diversificação das atividades e qualificação do paisagismo público, adequando o uso e ocupação do solo com a oferta de transporte coletivo.

A Tabela 1 é um anexo do Código de Obras de São Paulo e a Tabela 2 é um anexo do Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo nas quais são apresentados os parâmetros de projeto para cada tipo de zona. Estão destacadas as informações relativas ao projeto em questão.

Tabela 1 Limites segundo o código de obras

Tabela 1 Limites segundo o código de obras												
TIPO DE ZONA	ZONA (a)	Coeficiente de Aproveitamento			Taxa de Ocupação Máxima		Gabarito de altura máxima (metros)	Recuos Mínimos (metros)			Cota parte máxima de terreno por unidade (metros²)	
		C.A. mínimo	C.A. básico	C.A. máximo (m)	T.O. para lotes até 500 metros²	T.O. para lotes igual ou superior a 500 metros²		Frente (i)	Fundos e Laterais			
											Altura da edificação menor ou igual a 10 metros	Altura da edificação superior a 10 metros
TRANSFORMAÇÃO	ZEU	ZEU	0,5	1	4	0,85	0,70	NA	NA	NA	3 (j)	20
		ZEUa	NA	1	2	0,70	0,50	28	NA	NA	3 (j)	40
	ZEUP	ZEUP (b)	0,5	1	2	0,85	0,70	28	NA	NA	3 (j)	NA
		ZEUPa (c)	NA	1	1	0,70	0,50	28	NA	NA	3 (j)	NA
	ZEM	ZEM	0,5	1	2 (d)	0,85	0,70	28	NA	NA	3 (j)	20
		ZEMP	0,5	1	2 (e)	0,85	0,70	28	NA	NA	3 (j)	40
QUALIFICAÇÃO	ZC	ZC	0,3	1	2	0,85	0,70	48	5	NA	3 (j)	NA
		ZCa	NA	1	1	0,70	0,70	20	5	NA	3 (j)	NA
		ZC-ZEIS	0,5	1	2	0,85	0,70	NA	5	NA	3 (j)	NA
	ZCOR	ZCOR-1	0,05	1	1	0,50	0,50	10	5	NA	3 (j)	NA
		ZCOR-2	0,05	1	1	0,50	0,50	10	5	NA	3 (j)	NA
		ZCOR-3	0,05	1	1	0,50	0,50	10	5	NA	3 (j)	NA
		ZCORa	NA	1	1	0,50	0,50	10	5	NA	3 (j)	NA
	ZM	ZM	0,3	1	2	0,85	0,70	28	5	NA	3 (j)	NA
		ZMa	NA	1	1	0,70	0,50	15	5	NA	3 (j)	NA
		ZMIS	0,3	1	2	0,85	0,70	28	5	NA	3 (j)	NA
		ZMISa	NA	1	1	0,70	0,50	15	5	NA	3 (j)	NA
	ZEIS	ZEIS-1	0,5	1	2,5 (f)	0,85	0,70	NA	5	NA	3 (j)	NA
		ZEIS-2	0,5	1	4 (f)	0,85	0,70	NA	5	NA	3 (j)	NA
		ZEIS-3	0,5	1	4 (g)	0,85	0,70	NA	5	NA	3 (j)	NA
		ZEIS-4	NA	1	2 (h)	0,70	0,50	NA	5	NA	3 (j)	NA
	ZDE	ZEIS-5	0,5	1	4 (f)	0,85	0,70	NA	5	NA	3 (j)	NA
		ZDE-1	0,5	1	2	0,70	0,70	28	5	NA	3 (j)	NA
	ZPI	ZDE-2	0,5	1	2	0,70	0,50	28	5	3	3	NA
		ZPI-1	0,5	1	1,5	0,70	0,70	28	5	3	3	NA
		ZPI-2	NA	1	1,5	0,50	0,30	28	5	3	3	NA
	PRESERVAÇÃO	ZPR	ZPR	0,05	1	1	0,50	0,50	10	5	NA	3
ZER		ZER-1	0,05	1	1	0,50	0,50	10	5	NA	3	NA
		ZER-2	0,05	1	1	0,50	0,50	10	5	NA	3	NA
		ZERa	NA	1	1	0,50	0,50	10	5	NA	3	NA
ZPDS		ZPDS	NA	1	1	0,35	0,25	20	5	NA	3	NA
		ZPDSr	NA	0,2	0,2	0,20	0,15	10	5	NA	3	NA
ZEPAM		ZEPAM	NA	0,1	0,1	0,10	0,10	10	5	NA	3	NA
ÁREAS PÚBLICAS E SAPAVAL (i)		VERDES	AVP-1	NA	(k)	(k)	(k)	28	NA	NA	3 (j)	NA
	AVP-2		NA	1	1	0,3	0,3	28	NA	NA	3 (j)	NA
	INSTITUCIONAIS	AI	NA	1	4	0,85	0,7	28	NA	NA	3 (j)	NA
		Ala	NA	1	2	0,5	0,5	15	NA	NA	3 (j)	NA
	CLUBES	AC-1	NA	0,6	0,6	0,6	0,6	20	5	3	3	NA
		AC-2	NA	0,4	0,4	0,4	0,4	10	5	3	3	NA

Fonte: Texto da Lei 16.402/16

Tabela 2 Limites conforme Parcelamento, Uso e Ocupação

Perímetro de Qualificação Ambiental	TAXA DE PERMEABILIDADE (a) (b)		PONTUAÇÃO QA MÍNIMO					FATORES	
	Lote ≤ 500 m²	Lote > 500 m²	Lote > 500 e ≤ 1000 m²	Lote > 1000 e ≤ 2500 m²	Lote > 2500 e ≤ 5000 m²	Lote > 5000 e ≤ 10000 m²	Lote > 10000 m²	Cobertura Vegetal (alfa)	Drenagem (beta)
PA 1	0,15	0,25	0,45	0,60	0,70	0,80	1,00	0,5	0,5
PA 2	0,15	0,25	0,40	0,52	0,64	0,70	0,86	0,5	0,5
PA 3	0,15	0,25	0,37	0,48	0,60	0,65	0,78	0,5	0,5
PA 4	0,15	0,25	0,37	0,48	0,60	0,65	0,78	0,5	0,5
PA 5	0,15	0,25	0,29	0,37	0,46	0,50	0,57	0,4	0,6
PA 6	0,15	0,20	0,34	0,44	0,55	0,60	0,71	0,5	0,5
PA 7	0,15	0,20	0,31	0,41	0,51	0,55	0,64	0,3	0,7
PA 8	0,15	0,20	0,37	0,48	0,60	0,65	0,78	0,5	0,5
PA 9	0,10	0,15	0,37	0,48	0,60	0,65	0,78	0,5	0,5
PA 10	0,20	0,25	0,23	0,30	0,37	0,40	0,42	0,6	0,4
PA 11	0,20	0,30	0,26	0,34	0,42	0,45	0,49	0,6	0,4
PA 12	0,20	0,30	0,26	0,34	0,42	0,45	0,49	0,5	0,5
PA 13 (c)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Fonte: Texto da Lei 16.402/16

Nos itens a seguir, são detalhados os cálculos conforme a legislação vigente.

a) Coeficiente de Aproveitamento

Por estar localizado em uma ZEU, o lote possui coeficientes de aproveitamentos:

- CA mínimo igual a 0,4;
- CA básico igual a 1;
- CA máximo igual a 4.

A partir do estudo da volumetria, tem-se que a construção proposta tem CA de projeto igual a 0,6, atendendo a legislação.

Foi considerado para o cálculo, o somatório das áreas das lajes da cobertura, segundo pavimento, área de lazer e churrasqueira conforme Equação 1.1.

$$\boxed{\text{Coeficiente de Aproveitamento}} = \frac{\text{Área Construída}}{\text{Área Total}} = \frac{\text{Cobertura} + 2^{\text{º}} \text{ Pav} + \text{Churrasqueira} + \text{Lazer}}{\text{Área Total}} = \frac{127 + 123 + 18 + 22}{400} = 0,6 \quad (1.1)$$

[QUADRO 1 – DEFINIÇÕES- ANEXO A LEI Nº 16.050, PDE]

Área Construída Computável é a soma das áreas cobertas de todos os pavimentos de uma edificação, que são consideradas para o cálculo do coeficiente de aproveitamento;

[QUADRO 1 – DEFINIÇÕES- ANEXO A LEI Nº 16.050, PDE]

Coeficiente de Aproveitamento é a relação entre a área edificada, excluída a área não computável, e a área do lote, podendo ser:

- básico, que resulta do potencial construtivo gratuito inerente aos lotes e glebas urbanos;
- máximo, que não pode ser ultrapassado;
- mínimo, abaixo do qual o imóvel poderá ser considerado subutilizado;

b) Taxa de Ocupação

Por estar localizado em uma ZEU e ter menos que 500 m², o lote possui taxa de ocupação máxima igual a 0,85. A partir do estudo da volumetria, tem-se que a construção proposta possui TO igual a 0,4, atendendo à legislação conforme Equação 1.2.

$$\boxed{\text{Taxa de Ocupação}} = \frac{\text{Área Projetada}}{\text{Área Total}} = \frac{\text{Churrasqueira} + \text{Sobrado}}{\text{Área Total}} = \frac{145 + 29}{400} = 0,4 \quad (1.2)$$

[QUADRO 1 – DEFINIÇÕES- ANEXO A LEI Nº 16.050, PDE]

Taxa de Ocupação é a relação entre a área da projeção horizontal da edificação ou edificações e a área do lote;

c) Taxa de permeabilidade

Por estar localizado na região com quota ambiental PA8 e ter menos que 500 m², o lote deve ter obrigatoriamente 0,15 de taxa de permeabilidade. A valorização da natureza na concepção arquitetônica do sobrado garante uma taxa de 0,6, devido a presença do telhado verde e grandes áreas verdes nos espaços abertos, atendendo plenamente a legislação, conforme Equação 1.3.

$$\boxed{\text{Taxa de Permeabilidade}} = \frac{\text{Área Permeável}}{\text{Área Total}} = \frac{\text{Telhado Verde} + \text{Jardim Frontal} + \text{Área de Lazer}}{\text{Área Total}} = \frac{121 + 104 + 27}{400} = 0,6 \quad (1.3)$$

[QUADRO 1 – DEFINIÇÕES- ANEXO A LEI Nº 16.050, PDE]

Taxa de Permeabilidade é a relação entre a parte permeável, que permite a infiltração de água no solo, livre de qualquer edificação, e a área do lote;

d) Recuos

Por estar localizado em uma ZEU e ter menos que 10 m de altura em relação ao perfil natural no terreno, não existiam obrigações legais quanto a recuos mínimos. Para garantir a circulação dos futuros moradores, adotou-se um recuo na lateral direita de 1,5 m. Há também um recuo frontal em relação ao alinhamento da rua de 10 m destinado a vagas de estacionamento, possibilitando o uso para quatro carros (duas vagas duplas).

[Lei 16.402/16 - Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo]

Art. 65. São recuos mínimos da edificação em relação ao perímetro do lote:

I - recuo de frente;

II - recuos laterais;

III - recuo de fundo.

Art. 66. Os recuos laterais e de fundo ficam dispensados:

I - quando a altura da edificação for menor ou igual a 10m (dez metros) medida em relação ao perfil natural do terreno, conforme base georreferenciada cadastral oficial do Município, exceto em ZDE-2, ZPI-1 e ZPI-2;

II - quando o lote vizinho apresentar edificação encostada na divisa do lote, conforme análise caso a caso pelo órgão técnico competente, exceto em ZDE-2, ZPI-1 e ZPI-2;

III - em terrenos que tenham declividade com área igual ou menor a 250m² (duzentos e cinquenta metros quadrados) ou frente menor ou igual que 10m (dez metros)

4.1.4 Concepção Arquitetônica

Partindo-se das necessidades do cliente, da consulta à legislação e às normas técnicas, foram traçados os primeiros esboços no papel, como ilustrado na Figura 18 que representa a fachada posterior, passados para o software Autodesk Revit Architecture e desenvolvidos, primeiramente o projeto legal, seguido pelo projeto básico que pode ser encontrado no Apêndice G.

Figura 18 Esboço inicial da fachada posterior



Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

4.1.4.1 Orientação solar

A posição do sol deve ser considerada na escolha da posição dos ambientes para garantir conforto térmico aos seus habitantes e evitar problemas como falta de luminosidade e umidade.

Por estar localizado no hemisfério Sul, a orientação norte tem maior incidência de raios solares durante o inverno. Isso ocorre devido à inclinação da Terra em relação ao sol e suas variações ao longo do ano.

Com base nessas variações, os dormitórios frontais e sala foram locados na face norte, recebendo sol durante o dia todo, uma solicitação dos clientes. O dormitório máster está na face sul, recebendo pouca iluminação durante o inverno. Assim, para

evitar problemas de umidade, foi projetada uma sacada com grande abertura, garantindo a ventilação.

Na face oeste, que recebe sol predominantemente no período da tarde, estão a cozinha, lavanderia, sala de TV e banheiros, ou seja, cômodos que possuem baixa ocupação ao longo do dia.

Para evitar problemas com chuvas e diminuir a incidência do sol nas janelas, foram colocados beirais de 0,5 m ao longo de todo o telhado da casa e de 0,7 m na projeção da entrada da residência.

4.1.4.2 Fachada

Os clientes gostariam de uma casa com estilo moderno, que se diferenciasse das demais do entorno. Assim, optou-se pela cobertura com laje e telhado verde, ao invés de telhas convencionais.

Além disso, buscou-se o uso de janelas e portas grandes e elementos decorativos em madeira, em formatos geométricos, conforme representado na Figura 19.

Figura 19 Modelagem 3D do projeto arquitetônico



Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

4.1.4.3 Garagem

Os clientes não exigiam que a garagem tivesse uma cobertura, assim foi projetado somente um pergolado para garantir a leveza da fachada.

Foi previsto, também, um espaço para bicicletas e não se fez necessário mais que duas vagas fixas. Se necessário no futuro, é possível estacionar mais dois carros em vagas duplas, um conforto extra para os moradores e suas visitas.

4.1.4.4 Jardim frontal e medidores de insumos

Para ter uma boa permeabilidade no terreno, por questões estéticas e de conforto térmico, adotou-se o uso de peças de 43 x 33 x 7 cm de pisograma no jardim frontal, conforme Figura 20.

Figura 20 Pisograma no jardim



Fonte: Rhinopisos

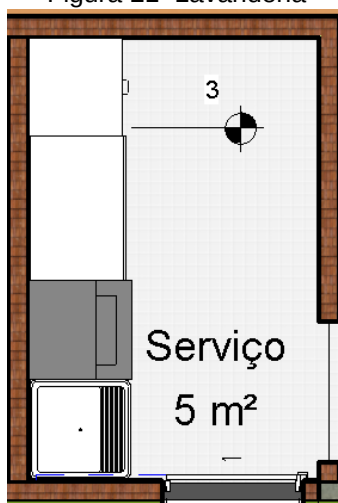
O hidrômetro e medidor de energia estão alocados próximos ao portão de acesso ao terreno, com acesso para a rua, facilitando para os funcionários das concessionárias.

4.1.4.5 Corredor lateral e lavanderia

Do ponto de vista operacional, a lavanderia foi alocada próximo do corredor de serviço, permitindo que os moradores tenham um varal interno e outro na área externa, de fácil acesso. Em ambos os casos, a ventilação será ótima, favorecendo a secagem das roupas.

A lavanderia também foi concebida de modo racional, aproveitando os espaços com um tanque, balcão de apoio, lavadora, secadora e armários, conforme representado na Figura 21.

Figura 21 Lavanderia



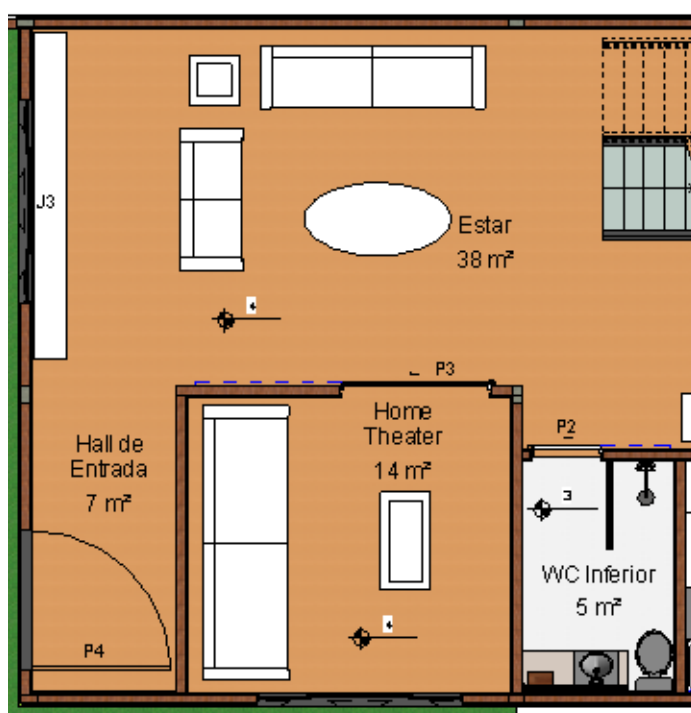
Fonte: os autores (2016)

4.1.4.6 Salas sociais

A sala de estar e a sala de TV são integradas por meio de uma porta de correr que possibilita uma abertura de grandes dimensões. Isso garante uma conectividade entre os ambientes, um fluxo de ar entre as janelas e uma sensação de amplitude em caso de eventos sociais, ilustrado na Figura 22.

Com a porta de correr fechada, a sala de TV se transforma em um espaço reservado, com equipamentos modernos de *home theater*.

Figura 22 Salas sociais



Fonte: elaborado pelos autores (2016)

4.1.4.7 Sala de Jantar, cozinha e deck

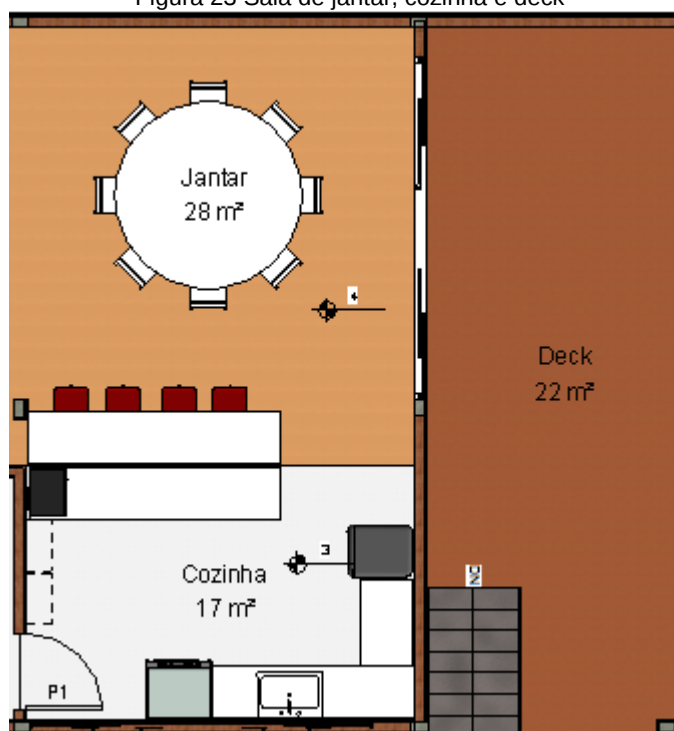
A cozinha aberta, estilo americana, é um dos destaques do primeiro pavimento. Totalmente integrada com a sala de jantar, divididas somente por um balcão para refeições rápidas.

Foi concebida para que tivesse bastante iluminação e ventilação natural, garantida pelas janelas de dimensões grandes. É um bom espaço operacional, com armários, balcão de trabalho e pia grande próximos.

A mesa proposta para a sala de jantar, em atendimento ao cliente, é circular para até 10 pessoas.

Os ambientes estão integrados ao *deck*, conforme ilustrado na Figura 23, que dá acesso à área de lazer e é um espaço para leitura e cafés da manhã ou da tarde em contato com o ambiente externo.

Figura 23 Sala de jantar, cozinha e deck



Fonte: elaborado pelos autores (2016)

4.1.4.8 Escada

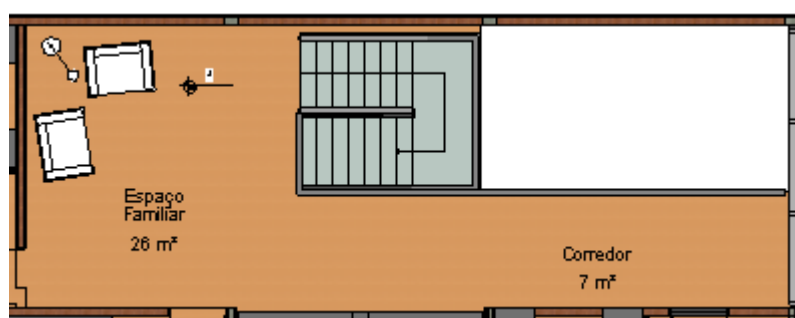
A escada dá acesso ao segundo pavimento da casa e foi concebida em concreto e guarda corpo em vidro para não prejudicar a iluminação vinda do pé direito duplo nos fundos. Além disso, não possui vigas nem pilares, para não prejudicar a estética e circulação. Sua estrutura está apresentada com mais detalhes no Projeto Estrutural, apresentado no capítulo 4.7.

4.1.4.9 Mezanino e área familiar

Para aproveitar ao máximo a iluminação natural, foi proposta uma área de mezanino, com janela de grande dimensão, ocupando todo o pé direito duplo. Dessa forma, garantiu-se uma sensação de amplitude.

Este ambiente agradável poderá ser mobiliado com poltronas, criando uma área de convívio íntimo familiar entre os acessos aos dormitórios, conforme Figura 24. Também foi previsto um espaço para instalação de armários para roupa de cama e banho das suítes.

Figura 24 Mezanino e espaço familiar

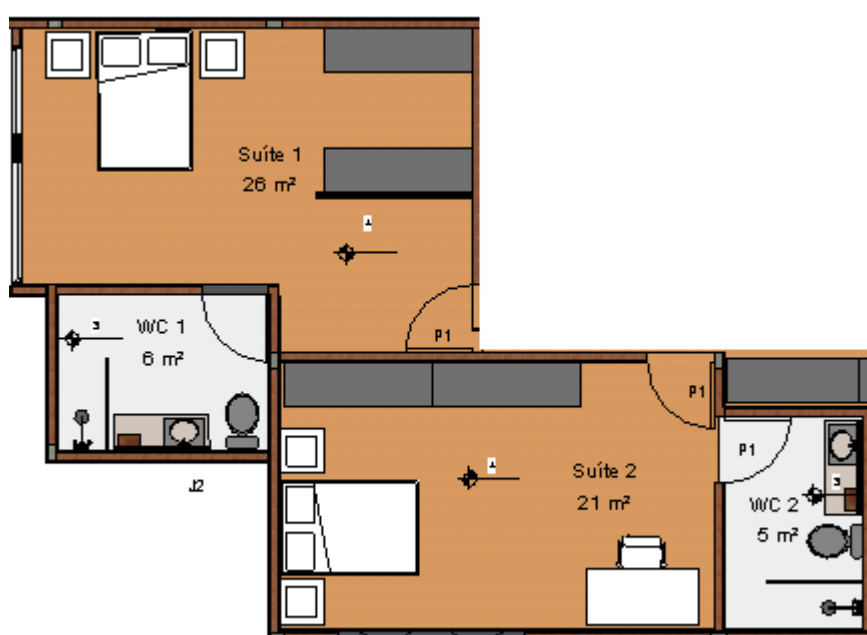


Fonte: elaborado pelos autores (2016)

4.1.4.10 Suítes

As suítes possuem grandes dimensões possibilitando aos seus futuros usuários a instalação de camas tamanho padrão viúva e closets particulares. Além disso, possuem banheiros completos privados integrados ao dormitório, ilustrado na Figura 25.

Figura 25 Suítes 1 e 2

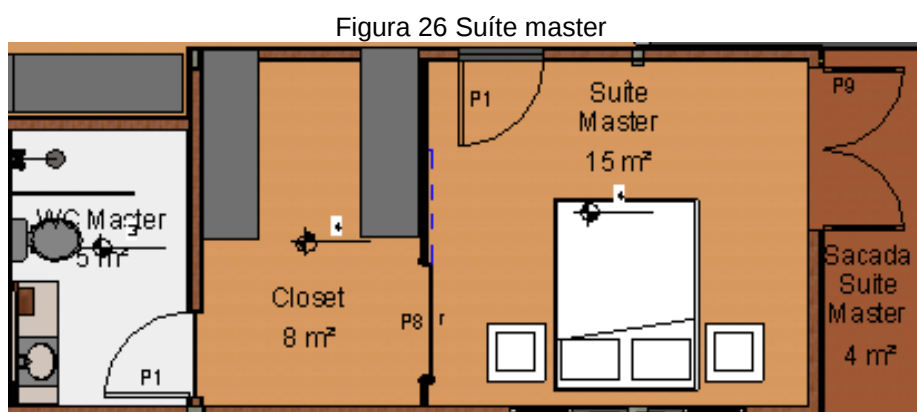


Fonte: elaborado pelos autores (2016)

4.1.4.11 Suíte máster

A suíte máster possui um *closet* para duas pessoas, em espaço reservado antes do banheiro privativo. Por ter grandes dimensões, possibilita o uso de uma cama tamanho casal padrão king.

Além disso, é integrada a uma sacada, ilustrada na Figura 26, que tem vista para a área de lazer da casa.



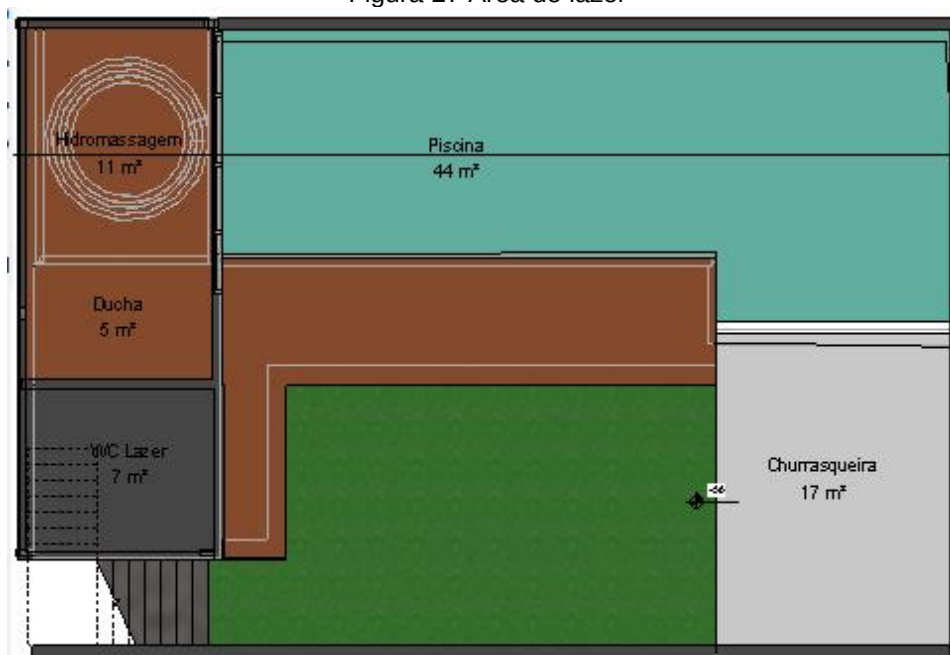
Fonte: elaborado pelos autores (2016)

4.1.4.12 Área de lazer

De acordo com as necessidades do cliente, a área de lazer foi bastante valorizada para garantir um espaço amplo e operacional para os moradores e suas visitas em eventos sociais. Assim, projetou-se uma piscina integrada com um bar na churrasqueira, um *deck* para banhos de sol, um banheiro e uma área mais reservada para hidromassagem, protegida de fluxo de ar, ilustrado na Figura 27.

Essa configuração permite que todos fiquem confortáveis em festas e confraternizações, já que a área dispõe de toda a infraestrutura necessária em tais eventos.

Figura 27 Área de lazer



Fonte: elaborado pelos autores

4.1.4.13 Telhado verde

Os telhados verdes são áreas vegetadas sobre casas ou qualquer tipo de edificação. O uso de vegetação de pequeno porte garante um peso menor, baixo custo, manutenção mínima, maior conforto térmico na residência e benefícios para o meio ambiente, com prevenção de ilhas de calor, melhora na poluição ambiental, dentro outros fatores. Suas camadas podem ser observadas na Figura 28.

Figura 28 Camadas de um telhado verde

Telhado Verde - Hyperdesmo

Camada vegetal

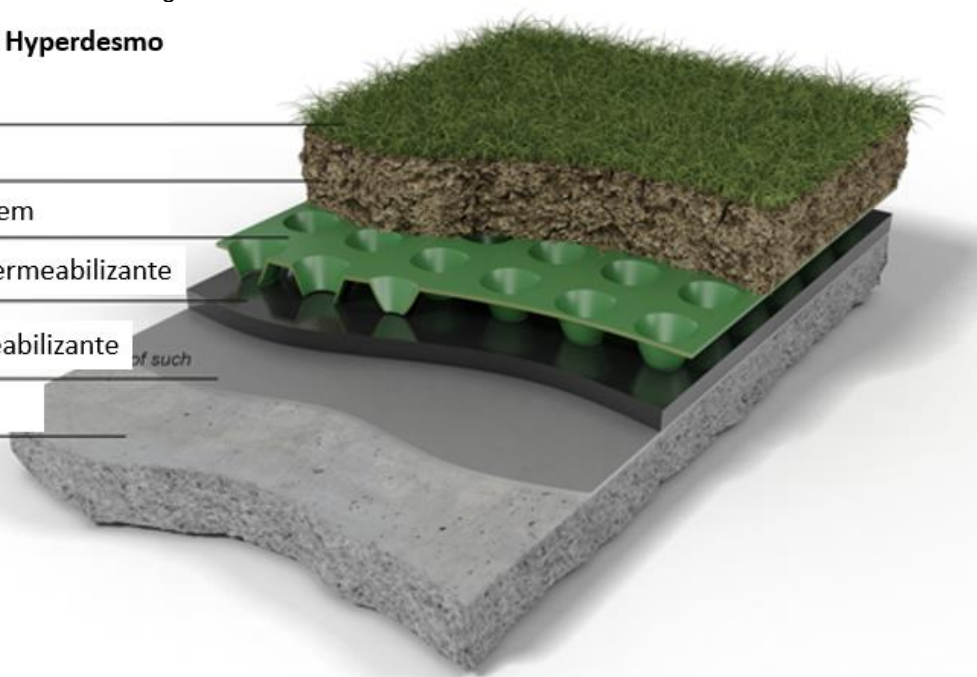
Solo

Placa de drenagem

Membrana impermeabilizante

Primer impermeabilizante

Substrato

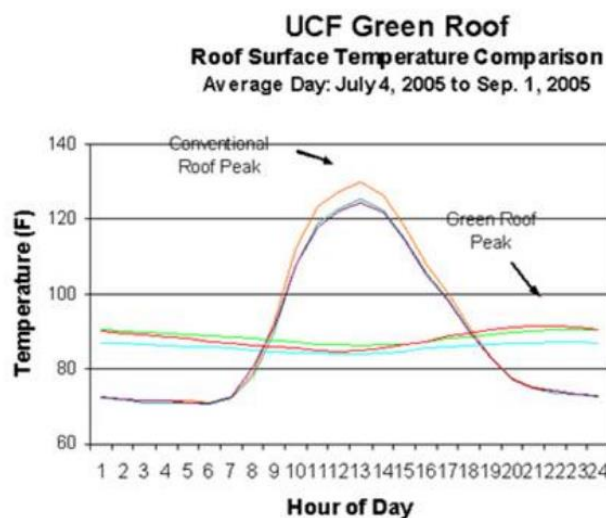


Fonte: Disponível em www.alchimica.co.uk/green-roof-build-up, consultado em 15/06/2016

Segundo a International Green Roof Association (2006) alguns benefícios econômicos da aplicação de telhados verdes são a proteção da impermeabilização da laje, gerando uma vida útil maior se comparado com outros telhados. Eles não propagam incêndio, são incombustíveis, necessitam de pouca manutenção, simplicidade na manutenção e baixo custo de reposição de peças (estrutura modular). Como resultado, colaboram com o maior conforto térmico dentro do ambiente e consequentemente menor consumo de energia. Devido à retenção de água nas camadas de solo, tem potencial para diminuir o tamanho dos sistemas de coleta de água pluvial. Além desses aspectos econômicos existe também o benefício de redução na geração de toxinas dos materiais empregados (menor quantidade de material sintético comparado com outros telhados) e utilização como “filtro atmosférico”. Por fim, colaboram também com o paisagismo.

O gráfico da Figura 29 compara a temperatura ao longo do dia de um sistema de telhado convencional com um sistema com telhado verde. O telhado convencional atinge temperaturas superiores às temperaturas dos telhados verdes. A Figura 29 representa o resultando do estudo comparativo entre um telhado convencional (cobertura de concreto com lona branca reflexiva) e um telhado com cobertura vegetal.

Figura 29 Esquema com as camadas de um telhado verde simples



Fonte: Jeffrey (2006)

Na Figura 30 é apresentada a comparação da temperatura radiante de duas superfícies de dois telhados próximos, um com cobertura vegetal e outro sem cobertura vegetal.

Figura 30 Comparação da temperatura radiante com e sem telhado verde



Fonte: www.chicagoclimateaction.org

No Brasil ainda não existe uma normatização técnica que especifique os parâmetros mínimos dos componentes do telhado verde ou incentivos fiscais para obras que utilizarem esse sistema. Na Argentina, existe uma lei de coberturas verdes e os prédios que utilizarem esse sistema possuem desconto no IPTU (CARMO, 2013).

Existem diversos sistemas de construção de telhado verde. Um sistema simples e eficiente (sistema hyperdesmo) utiliza os elementos descritos a seguir:

- **Laje:** Elemento estrutural base para o telhado verde. Após a execução da laje é realizado o contrapiso declividade para escoamento natural da água na camada drenante.
- **Camada impermeabilizante:** Revestimento do substrato com material betuminoso ou argamassa impermeabilizante. Após essa camada inicial de impermeabilização, utilização de uma membrana de EPDM (ethylene propylene diene terpolymer). Cuidado especial na junção entre as folhas de EPDM, nos vértices e nas bordas de canos. Seguir as recomendações do fabricante. Fabricante nacional: Mercur.
- **Camada drenante:** Utilização de camada de polietileno para drenagem do excesso de água e armazenamento de água para a camada de solo. O material é formado por pequenas células ovais de armazenamento de água e quando ocorre transbordamento de água o excesso é levado para o cano de águas pluviais. Esses locais de armazenamento de água são preenchidos com pedras com pequena granulometria para evitar a perda de finos do solo. A figura 31 descreve o funcionamento dessa camada.

Figura 31 Camada drenante



Fonte: Disponível em www.vegetalid.us, consultado em 25/06/2016

- **Solo:** substrato orgânico não argiloso rico em nutrientes
- **Vegetação:** diversas opções, porém, com altura limitada devido à pequena espessura de cada de solo.

4.1.5 Vedação e revestimentos

Os revestimentos sugeridos em projeto foram definidos de acordo com as diretrizes passadas pelos clientes e considerando-se custo-benefício, facilidade de execução na obra e facilidade operacional, os quais são descritos a seguir.

4.1.5.1 Vedação e Revestimentos verticais

Adotou-se blocos de alvenaria cerâmicos de 14x19x19 cm. Dessa forma, a vedação tem a mesma espessura que os pilares e vigas propostos.

Para cada ambiente, foi feito no software Revit um tipo de parede, usando as chamadas famílias. O software permite que seja especificado o tipo de material, suas características físicas e químicas e espessura desejadas. Foram sugeridas marcas dos materiais que são prestigiadas no mercado e possuem boa trabalhabilidade.

A Tabela 3 mostra o revestimento vertical usado em cada cômodo.

Tabela 3 Parede e revestimento vertical por cômodo

Revestimento Vertical								
Ambiente	e (cm)	Material	e (cm)	Material	e (cm)	Material	e (cm)	Material
Sala de Estar	14	Bloco Cerâmico	1	Multimassa Quartzolit	0,4	Massa Corrida Suvinil	0,1	Tinta Acrílica Suvinil Gelo
Sala de TV	14	Bloco Cerâmico	1	Multimassa Quartzolit	0,4	Massa Corrida Suvinil	0,1	Tinta Acrílica Suvinil Gelo
Suíte Master	14	Bloco Cerâmico	1	Multimassa Quartzolit	0,4	Massa Corrida Suvinil	0,1	Tinta Acrílica Suvinil Gelo
Suíte 1	14	Bloco Cerâmico	1	Multimassa Quartzolit	0,4	Massa Corrida Suvinil	0,1	Tinta Acrílica Suvinil Gelo
Suíte 2	14	Bloco Cerâmico	1	Multimassa Quartzolit	0,4	Massa Corrida Suvinil	0,1	Tinta Acrílica Suvinil Gelo
Lavanderia	14	Bloco Cerâmico	0,3	Argamassa Porcelanato Interno Quartzolit	0,7	Porcelanato Portobello		
Área de Lazer	14	Bloco Cerâmico	2	Madeira				
Churrasqueira	14	Bloco Cerâmico	0,3	Argamassa Porcelanato Interno Quartzolit	0,7	Porcelanato Portobello		
Cozinha	14	Bloco Cerâmico	0,3	Argamassa Porcelanato Interno Quartzolit	0,7	Porcelanato Portobello		
WC Comum	14	Bloco Cerâmico	0,3	Argamassa Porcelanato Interno Quartzolit	0,7	Porcelanato Portobello		
WC 1	14	Bloco Cerâmico	0,3	Argamassa Porcelanato Interno Quartzolit	0,7	Porcelanato Portobello		
WC 2	14	Bloco Cerâmico	0,3	Argamassa Porcelanato Interno Quartzolit	0,7	Porcelanato Portobello		
WC Master	14	Bloco Cerâmico	0,3	Argamassa Porcelanato Interno Quartzolit	0,7	Porcelanato Portobello		
WC Lazer	14	Bloco Cerâmico	0,3	Argamassa Porcelanato Interno Quartzolit	0,7	Porcelanato Portobello		
Piscina	14	Bloco Cerâmico	2	Impermeabilizante Camada Grossa Quartzolit	0,4	Argamassa para Pastilhas Exteriores	0,6	Pastilha de Vidro Atlas
Fachada	14	Bloco Cerâmico	0,4	Chapisco Rolado Quartzolit	2,5	Reboco Externo Quartzolit	0,6	Monocapa Classic
Muros	14	Bloco Cerâmico	0,4	Chapisco Rolado Quartzolit	5	Monocapa Classic Quartzolit		

Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

4.1.5.2 Revestimentos horizontais

Para os revestimentos horizontais, considerou-se o uso de cada ambiente. Para as áreas molhadas foi projetado um contrapiso de menor espessura, para que o nível do piso final fosse 3 cm, abaixo do nível do piso das áreas comuns, que ficaram a 4 cm.

Para a maior parte da casa, foi utilizado carpete de madeira por sua fácil instalação, durabilidade e conforto térmico.

Assim como para as paredes, foi usado para cada ambiente um tipo de revestimento horizontal no projeto do Revit, conforme Tabela 4.

Tabela 4 Revestimentos Horizontais por ambiente

Revestimento Horizontal								
Ambiente	e (cm)	Material	e (cm)	Material	e (cm)	Material	e (cm)	Material
Sala de Estar	4	Contrapiso Pronto Quartzolit	0,2	Manta Lisa Durafloor	0,8	Piso Laminado Durafloor		
Sala de TV	4	Contrapiso Pronto Quartzolit	0,2	Manta Lisa Durafloor	0,8	Piso Laminado Durafloor		
Suíte Master	4	Contrapiso Pronto Quartzolit	0,2	Manta Lisa Durafloor	0,8	Piso Laminado Durafloor		
Suíte 1	4	Contrapiso Pronto Quartzolit	0,2	Manta Lisa Durafloor	0,8	Piso Laminado Durafloor		
Suíte 2	4	Contrapiso Pronto Quartzolit	0,2	Manta Lisa Durafloor	0,8	Piso Laminado Durafloor		
Lavanderia	4	Contrapiso Pronto Quartzolit	0,2	Manta Lisa Durafloor	0,8	Piso Laminado Durafloor		
Área de Lazer	-	Gramma						
Churrasqueira	2	Contrapiso Pronto Quartzolit	0,3	Argamassa Porcelanato Interno Quartzolit	0,7	Porcelanato Portobello		
Cozinha	2	Contrapiso Pronto Quartzolit	0,3	Argamassa Porcelanato Interno Quartzolit	0,7	Porcelanato Portobello		
WC Comum	2	Contrapiso Pronto Quartzolit	0,3	Argamassa Porcelanato Interno Quartzolit	0,7	Porcelanato Portobello		
WC 1	2	Contrapiso Pronto Quartzolit	0,3	Argamassa Porcelanato Interno Quartzolit	0,7	Porcelanato Portobello		
WC 2	2	Contrapiso Pronto Quartzolit	0,3	Argamassa Porcelanato Interno Quartzolit	0,7	Porcelanato Portobello		
WC Master	2	Contrapiso Pronto Quartzolit	0,3	Argamassa Porcelanato Interno Quartzolit	0,7	Porcelanato Portobello		
WC Lazer	2	Contrapiso Pronto Quartzolit	0,3	Argamassa Porcelanato Interno Quartzolit	0,7	Porcelanato Portobello		
Piscina	2	Contrapiso Pronto Quartzolit	2	Impermeabilizante Camada Grossa Quartzolit	0,4	Argamassa para Pastilhas Exteriores	0,6	Pastilha de Vidro Atlas
Deck	-	Madeira						

Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

4.1.6 Alvenaria

De acordo com as características descritas no Projeto Arquitetônico, este projeto usa alvenaria de vedação destinada à separação de ambientes, cujos parâmetros de projeto são descritos a seguir.

- **Limitações verticais – Índice de esbeltez (λ)**

Razão entre altura efetiva da alvenaria (H_{ef}) pela espessura do bloco (e_b), conforme a Equação 1.4:

$$\lambda = \frac{H_{ef}}{e_b} \quad (\text{Eq. 1.4})$$

Onde:

H_{ef} é a altura efetiva da alvenaria;

E_b é a espessura do bloco.

Os valores limites máximos do índice de esbeltez são apresentados da Tabela 5, retirada da NBR 14321 (ABNT, 1999).

Tabela 5 Índices de esbeltez conforme

Elementos estruturais não-armados	24
Elementos estruturais não-armados em edificações de até 2 pavimentos	30
Elementos estruturais armados	30

Fonte: NBR 14321 (ABNT, 1999)

Para o projeto deste trabalho a altura máxima das alvenarias é de 270 cm e a espessura mínima de 9 cm, assim $\lambda \leq 30$. Quando λ ultrapasse o limite 7 é necessário aumentar a espessura do bloco ou adicionar elementos de enrijecimento interno da alvenaria, como cintas e pilaretes.

4.2 Projeto de sistemas prediais de água fria

Para que o sistema de suprimento forneça água quando necessária ao uso, com qualidade adequada e em quantidade e temperatura controláveis pelo usuário, para sua adequada utilização (PCC-2465), ele deve ser corretamente dimensionado.

O sistema de abastecimento de água deste projeto considera a disponibilidade de rede de abastecimento pública, sendo situado na região metropolitana de São Paulo. O sistema predial de água fria pode ser dividido em três subsistemas: subsistema de alimentação, de reservação e de distribuição interna.

O subsistema de alimentação é composto pelo ramal predial, pelo hidrômetro e pelo alimentador predial. O primeiro liga a rede pública ao medidor (hidrômetro), o segundo encaminha a água do medidor à primeira derivação. O subsistema de distribuição é responsável pela alimentação dos pontos de consumo a partir do reservatório superior, este que compõe o subsistema de reservação.

Mesmo considerando que a rede pública de abastecimento ofereça condições operacionais de vazão e pressão para atender diretamente a residência, para esse projeto foi previsto o Sistema Indireto de abastecimento por gravidade, com utilização de reservatório superior, prevenindo o sistema de água fria de possíveis interrupções do abastecimento público e economia de energia elétrica devido à não necessidade de bombeamento.

4.2.1 Estimativa do consumo diário de água:

O consumo diário é estimado a partir da seguinte Equação:

$$CD = C \times P \quad (2.1)$$

Onde:

C_D = consumo diário total (L/dia);

C = consumo diário *per capita* (L/pessoa/dia);

P = população (pessoas).

Foi considerado $C = 150$ L/dia Norma Técnica da Sabesp (NTS 181:2012 v. 3).

Usualmente, projetistas utilizam a Equação 2.2 para estimativa do número de pessoas:

$$P = 2 \times N_{DS} + N_E \quad (2.2)$$

Onde:

N_{DS} = Número de dormitórios sociais

N_E = Número de dormitórios de serviço

Para este projeto, seriam previstas $2 \times 3 + 1 = 7$ pessoas. Conforme já mencionado, a residência é destinada a uma família composta por um casal e dois filhos, ou seja, para uma população fixa de quatro pessoas, portanto esta é a população considerada em projeto.

$$C_D = 150 \times 4 = 600 \text{ L/dia} \quad (2.3)$$

4.2.2 Dimensionamento do ramal predial e medição

O ramal predial e o complexo de medição (abrigo + cavalete com hidrômetro) são dimensionados de acordo com as tabelas nos anexos D1 e D2 da norma técnica da Sabesp (NTS 181:2012 v. 3).

Com vazão de $0,60 \text{ m}^3/\text{dia} = 18 \text{ m}^3/\text{mês}$ é necessário um ramal de $\text{DN} = 20\text{mm}$ de polietileno e um cavalete, também, de $\text{DN} = 20 \text{ mm}$ de polipropileno, PVC ou aço galvanizado.

O hidrômetro tem vazão máxima de $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ e $\text{DN} = 20\text{mm}$.

O abrigo do medidor tem dimensões mínimas de $0,85\text{m} \times 0,65\text{m} \times 0,30\text{m}$.

4.2.3 Dimensionamento do alimentador predial

A vazão para dimensionamento do alimentador predial é dada a partir do consumo diário e da velocidade de escoamento, limitada por $0,6 \leq V_p \leq 1,0\text{m/s}$, de acordo com a Equação 2.4:

$$Q_{AP} \geq \frac{C_D}{86400} = \frac{600}{86400} = 6,94 \cdot 10^{-3} \text{ L/s} \quad (2.4)$$

Cálculo do DN máximo e mínimo com as Equações 2.5 e 2.6:

$$D_{AP,max} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{AP}}{\pi \times V_{AP}}} = \sqrt{\frac{4 \times 6,9 \cdot 10^{-6}}{\pi \times 0,6}} = 3,8\text{mm} \quad (2.5)$$

$$D_{AP,min} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{AP}}{\pi \times V_{AP}}} = \sqrt{\frac{4 \times 6,9 \cdot 10^{-6}}{\pi \times 1,0}} = 3,0\text{mm} \quad (2.6)$$

Consultando o catálogo da Tigre para tubos de PVC soldáveis, verifica-se que o menor diâmetro oferecido no mercado é de diâmetro externo 20 mm , conforme ilustrado na Figura 32, com espessura de parede de $1,5\text{mm}$.

Figura 32 Tubo soldável de PVC

Tubo Soldável 6 Metros



DIMENSÕES (mm)

Cotas	20	25	32	40	50	60	75	85	110
B	32	32	32	40	50	60	70	77	91
D	20	25	32	40	50	60	75	85	110
e	1,5	1,7	2,1	2,4	3,0	3,3	4,2	4,7	6,1
L	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Código	10120209	10120250	10120322	10120403	10120500	10120608	10120756	10120853	10121035

Fonte Catálogo Tigre

O diâmetro da tubulação do extravasor e de limpeza é imediatamente acima do diâmetro de entrada. O diâmetro do alimentador predial tem 40 mm, portanto, os demais têm 50 mm.

4.2.4 Volume do reservatório

O sistema de abastecimento indireto com reservatório superior tem a finalidade de suprir o edifício em caso de falta de água na rede pública (PCC2465, 12).

Neste caso, foi projetado o sistema de reserva para um dia. Assim, o volume do reservatório é dado pela Equação 2.7:

$$V_R = (1 + N_D) \times C_D \quad (2.7)$$

Onde:

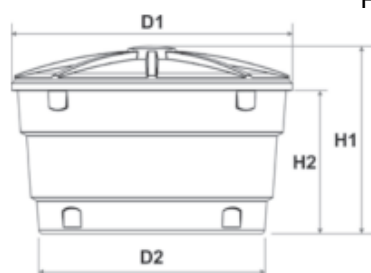
V_R = Volume útil do reservatório (m³)

N_D = Número de dias de falta d'água

Portanto: $V_R = (1 + 1) \times 600 = 1.200 \text{ L}$

Após consulta aos fornecedores do mercado, foi considerado um reservatório de 1.500 L de polietileno de média densidade da fabricante Tigre S/A, com as especificações das Figuras 33 e 34.

Figura 33 Padrão de reservatórios Tigre



Dimensões (mm)								
Cotas	310	500	750	1000	1500	2000	3000	5000
D1	1039,0	1212,0	1309,1	1440,0	1702,2	1821,5	2155,0	2334,0
D2	810,3	978,3	1053,9	1145,7	1419,4	1520,3	1721,7	1823,6
H1	657,6	729,2	861,7	951,4	988,5	1113,7	1380,0	1905,0
H2	533,4	583,6	702,7	775	783,2	892,8	1124,1	1620,0

Fonte: Ficha Técnica: Novas caixas d'água Tigre

Figura 34 Dimensões dos reservatórios Tigre

Modelo	Pesos e volumes			
	Espessura (mm)	Vol. Nominal (L)	Vol. Efetivo (L)	Peso com Tampa (Kg)
310	2,4	310	336,1	7,5
500	2,4	500	522,0	10,1
750	2,7	750	741,5	13,8
1000	2,8	1000	969,4	17,0
1500	3,0	1500	1450,7	24,5
2000	3,6	2000	1895,9	34,7
3000	4,1	3000	3061,1	54,7
5000	6,3	5000	5100,7	113,4

Fonte: Ficha Técnica: Novas caixas d'água Tigre

4.2.5 Dimensionamento do sistema de distribuição

O sistema de distribuição é a parte do sistema hidráulico de água fria composta pelos elementos situados entre o reservatório superior e os pontos de consumo (ILHA; GONÇALVES, 1994)

Há três parâmetros principais para dimensionamento do sistema de distribuição: vazão, pressão e velocidade.

4.2.6 Vazão

Para o dimensionamento do sistema de distribuição, pode-se supor a utilização simultânea de todos os pontos de consumo do edifício, resultando em seu superdimensionamento e em projetos anti econômicos, ou utilizar probabilidades de utilização simultânea para o cálculo da vazão máxima provável (ILHA; GONÇALVES, 1994).

Neste projeto, com base na NBR 5626 (ABNT, 1998), utiliza-se o método dos pesos relativos para cálculo da vazão máxima provável.

[NBR 5626/1998 – Instalação Predial de Água Fria]

A.1.2 Unidades de carga (pesos relativos)

Os pesos relativos são estabelecidos empiricamente em função da vazão de projeto (ver tabela A.1). A quantidade de cada tipo de peça de utilização alimentada pela tubulação, que está sendo dimensionada, é multiplicada pelos correspondentes pesos relativos e a soma dos valores obtidos nas multiplicações de todos os tipos de peças de utilização constitui a somatória total dos pesos (ΣP).

Tabela 6 Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,70	32
Banheira		Misturador (água fria)	0,3	1,0
Bebedouro		Registro de pressão	0,10	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou roupas		Registro de pressão	0,30	1,0
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20	0,4

Fonte NBR 5626 (ABNT, 1998)

Desta forma, estima-se a vazão em um trecho pela expressão abaixo, considerando os pesos relativos, segundo a Equação 2.8.

$$Q_{PT} = q_r \sqrt{\sum n_i \times p_i} \quad (2.8)$$

Onde:

Q_{PT} é a vazão no trecho [L/s];

q_r é a vazão de referência, igual a 0,3 L/s;

n_i é o número de aparelhos sanitários do tipo i ;

ρ_i é o peso relativo, de acordo com a tabela extraída da NBR 5626 (ABNT, 1998)

4.2.7 Velocidade

A velocidade do escoamento é controlada para evitar ruídos, corrosões e o golpe de aríete, sendo limitada pela NBR 5626 (ABNT, 1998) a velocidade máxima do escoamento na tubulação de $V_{\max} = 3,0$ m/s em qualquer ponto.

O cálculo da velocidade é dado pela Equação 2.9:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2.9)$$

Onde:

Q é a vazão de projeto no trecho [m^3/s];

A é a área da seção da tubulação no trecho [m^2].

4.2.8 Pressão

De acordo com a NBR 5626 (ABNT 1998), os limites para a pressão dinâmica são:

- nos pontos de utilização em geral: mínimo de 10 kPa (1 mca);
- nas caixas de descarga: mínimo de 5 kPa (0,5 mca);
- em qualquer ponto do sistema: mínimo de 5 kPa (0,5 mca).

A pressão estática não pode superar 400 kPa (40 mca).

Para o cálculo da perda de carga, utilizam-se as fórmulas de Whipple-Hsiao para tubo de PVC com água a 20°C, apresentado na Equação 2.10.

$$J = 0,00085 \times \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \quad (2.10)$$

Onde:

Q é a vazão no trecho [m^3/s];

D é o diâmetro da tubulação [m];

J é o fator Whipple-Hsiao [m/m].

O diâmetro mínimo é calculado com base na velocidade máxima de 3,0 m/s, conforme Equação 2.11:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \times Q_p}{\pi \times V_{max}}} \quad (2.11)$$

Onde:

Q_p é a vazão de projeto [m³/s]

V_{max} é a velocidade máxima permitida igual a 3,0 m/s

A perda de carga no trecho é calculada pela Equação 2.12:

$$\Delta H = J \times L_{virtual} \text{ e } L_{virtual} = L_{real} + \sum L_e \quad (2.12)$$

Onde:

ΔH é a perda de carga em mca.

L_e é o comprimento equivalente, em metros, das singularidades em tubulação de PVC e podem ser observadas na Tabela 7, conforme NBR 5626 (ABNT 1998):

Tabela 7 Comprimento equivalente das singularidades

DIÂMETRO (mm)	20	25	32	40	50	60
Joelho 90°	1,2	1,5	2	3,2	3,4	3,7
Joelho 45°	0,5	0,7	1	1,3	1,5	1,7
Curva 90°	0,5	0,6	0,7	1,2	1,3	1,4
Curva 45°	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Tê 90° pass. direta	0,8	0,9	1,5	2,2	2,3	2,4
Tê 90° saída lateral	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8
Reg. gaveta aberto	0,2	0,3	0,4	0,7	0,8	0,9
Válv. globo aberta	11	15	22	36	38	38
Saída de canal	0,9	1,3	1,4	3,2	3,3	3,5
Entrada normal	0,4	0,5	0,6	1	1,5	1,6
Entrada de borda	1	1,2	1,8	2,3	2,8	3,3
Válv. pé e crivo	9,5	13	16	18	24	25
Válv. ret. horiz.	2,7	3,8	4,9	6,8	7,1	8,2
Válv ret. vertical	4,1	5,8	7,4	9,1	11	13

Fonte NBR 5625 (ABNT, 1998)

L_{real} é o comprimento da tubulação em metros, medido em projeto.

Finalmente, a pressão pode ser calculada pela Equação 2.13:

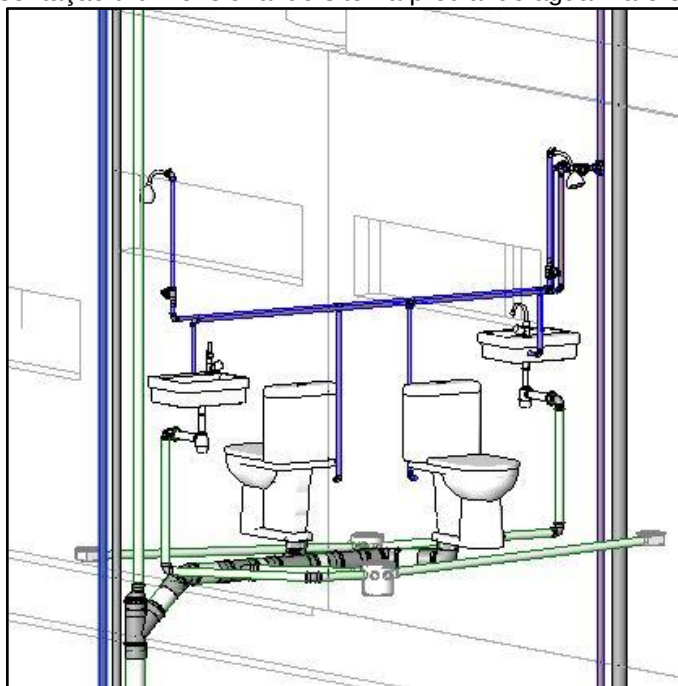
$$P_{jusante} = P_{montante} \pm Desnível - \Delta H \quad (2.13)$$

O desnível é a diferença de cotas, em metros, do ponto a montante e a jusante. Será positivo se o ponto a jusante estiver abaixo do ponto a montante e negativo caso contrário.

4.2.9 Memória de Cálculo

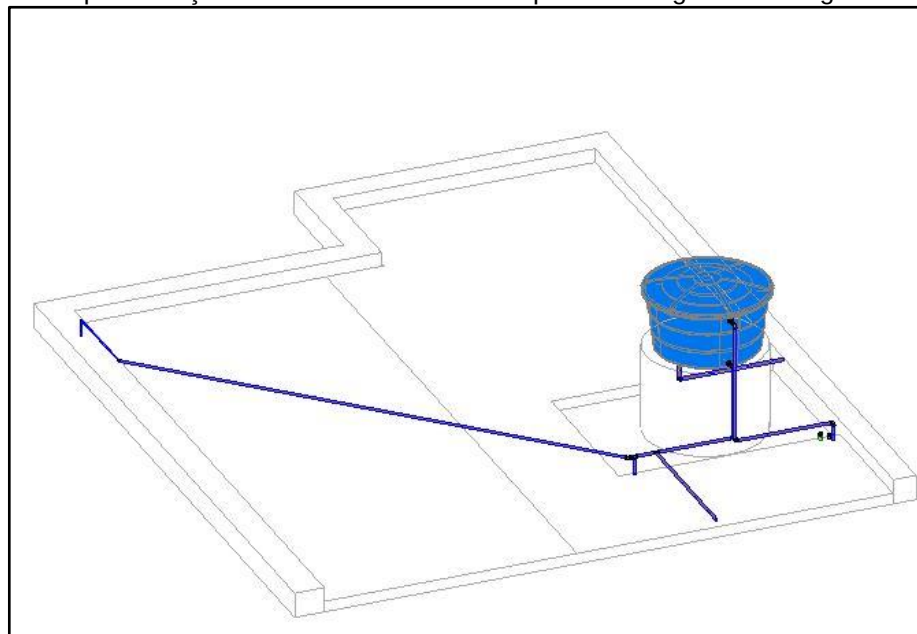
A memória de cálculo do sistema predial de água fria se encontra no Apêndice E e o modelo 3D da disposição desse sistema pode ser observado nas Figura 35, 36 e 37.

Figura 35 Representação tridimensional do sistema predial de água fria e esgoto – wc suítes



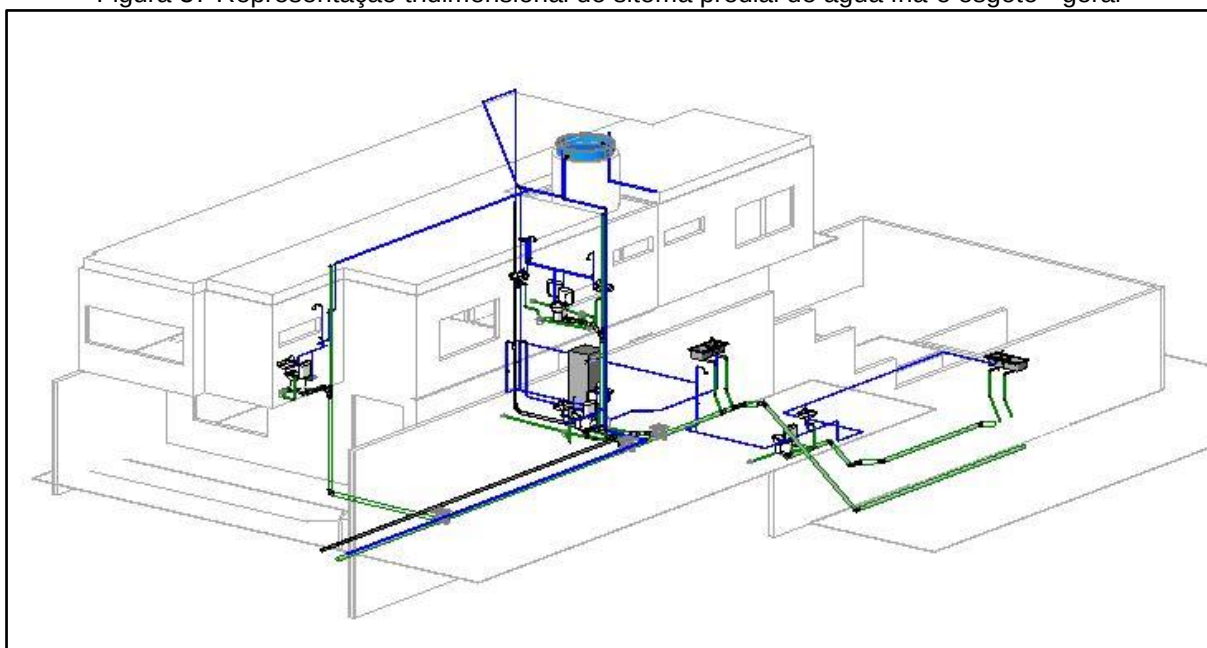
Fonte Elaborado pelos autores (2016)

Figura 36 Representação tridimensional do sistema predial de água fria e esgoto - cobertura



Fonte Elaborado pelos autores (2016)

Figura 37 Representação tridimensional do sistema predial de água fria e esgoto - geral



Fonte Elaborado pelos autores (2016)

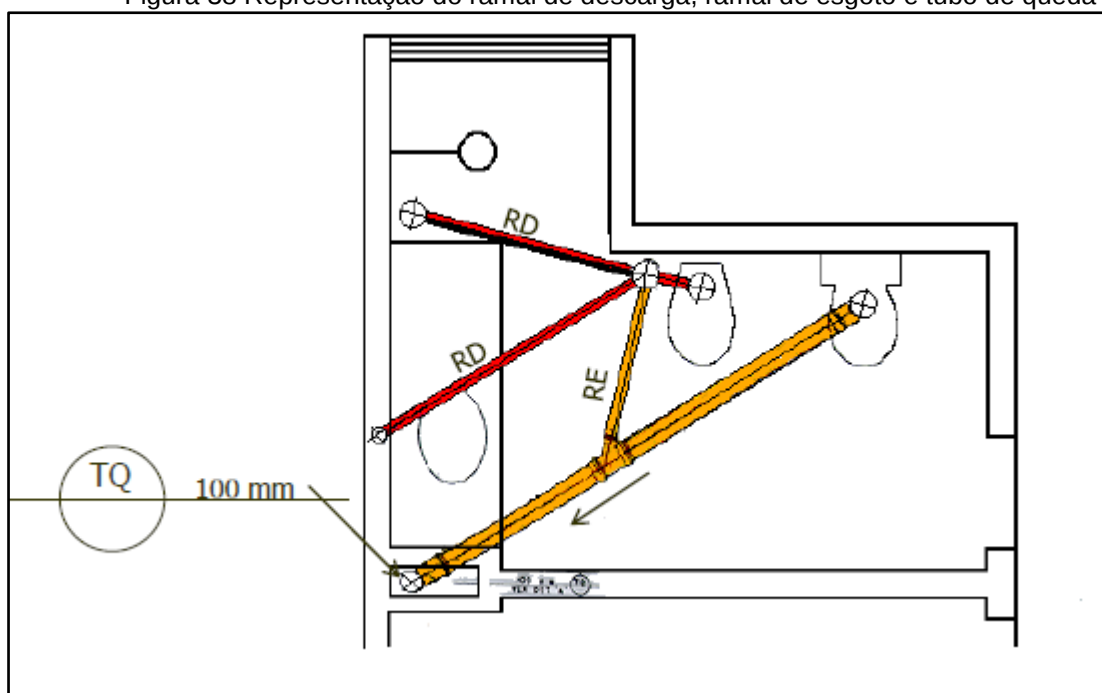
4.3 Projeto de sistemas prediais de coleta de esgoto sanitário

O dimensionamento do sistema predial de esgotos sanitários segue as orientações da NBR 8160 (ABNT, 1999) e deve possibilitar o rápido escoamento e facilitar a manutenção, impedir que gases do interior do sistema atinjam as áreas de utilização e evitar a contaminação de água potável.

4.3.1 Componentes do sistema

O sistema é composto por aparelhos sanitários, ramais de descarga, ramais de esgoto, caixas sifonadas, tubos de queda, colunas de ventilação primária, caixas de inspeção, bomba de recalque, coletores prediais e caixas de passagem. Na Figura 38 podem ser observados os ramais de descarga e de esgoto e o tubo de queda.

Figura 38 Representação do ramal de descarga, ramal de esgoto e tubo de queda



Fonte Notas de aula PCC 2465 (2013)

4.3.2 Dimensionamento do sistema

Há duas maneiras de se dimensionar o sistema: pelo método hidráulico ou pelo método das Unidades Hunter de Contribuição, cuja descrição na NBR 8160 (ABNT, 1999) é:

[NBR 8160/1999 – Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução]

3.48 Unidade de Hunter de contribuição (UHC): Fator numérico que representa a contribuição considerada em função da utilização habitual de cada tipo de aparelho sanitário.

Neste projeto, foi utilizado o método de Hunter para o dimensionamento.

4.3.2.1 Dimensionamento do ramal de descarga

O ramal de descarga deve fazer a ligação entre o aparelho sanitário e a caixa sifonada. Seu diâmetro é definido de acordo com a Tabela 8

Tabela 8 Diâmetro do ramal de descarga

Aparelho sanitário		Número de Unidades de Hunter de Contribuição	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga DN
bacia sanitária		6	100 ⁽¹⁾
banheira de residência		2	40
bebedouro		0,5	40
bidê		1	40
chuveiro	de residência	2	40
	coletivo	4	40
lavatório	de residência	1	40
	de uso geral	2	40
mictório	válvula de descarga	6	75
	caixa de descarga	5	50
	descarga automática	2	40
	de calha	2 ⁽²⁾	50
pia de cozinha residencial		3	50
pia de cozinha industrial	preparação	3	50
	lavagem de painéis	4	50
tanque de lavar roupas		3	40
máquina de lavar louças		2	50 ⁽³⁾
máquina de lavar roupas		3	50 ⁽³⁾

Fonte NBR 8160 (ABNT, 1999)

4.3.2.2 Dimensionamento do ramal de esgoto

O ramal de esgoto encaminha os efluentes das caixas sifonadas e das bacias sanitárias ao tubo de queda. Para dimensioná-lo, devem-se somar as unidades Hunter de contribuição. O diâmetro do ramal de esgoto relaciona-se com a soma da contribuição de cada aparelho conforme a Tabela 9:

Tabela 9 Diâmetro do ramal de esgoto

DIÂMETRO NOMINAL DO TUBO DN	NÚMERO MÁXIMO DE UHC
40	3
50	6
75	20
100	160

Fonte NBR 8160 (ABNT, 1999)

4.3.2.3 Dimensionamento do tubo de queda

Os tubos de queda, que recebem os efluentes dos ramais de descarga e de esgoto, são dimensionados a partir da somatória das UHC, conforme a Tabela 10 para edifícios de até 3 pavimentos.

Tabela 10 Diâmetro do tubo de queda

DIÂMETRO NOMINAL DO TUBO DN	NÚMERO MÁXIMO DE UHC
40	8
50	24
75	70
100	500

Fonte NBR 8160 (ABNT, 1999)

Como todos os tubos de queda deste projeto recebem efluentes de bacias sanitárias, com ramal de descarga mínimo de DN igual 100 mm, os tubos de queda possuem também esta dimensão.

4.3.2.4 Dimensionamento dos coletores e subcoletores prediais

Para a contribuição dos aparelhos sanitários nos coletores e subcoletores, pode-se somar apenas o maior UHC de cada ambiente (uma bacia sanitária por banheiro, uma pia na cozinha e na churrasqueira, um tanque de lavar roupas na área de serviço). A relação entre a declividade, o número UHC e o DN é dada na Tabela 11.

Tabela 11 Diâmetro dos coletores e subcoletores prediais

DIÂMETRO NOMINAL DO TUBO DN	NÚMERO MÁXIMO DE UHC EM FUNÇÃO DAS DECLIVIDADES MÍNIMAS %			
	0,5	1	2	4
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1000
200	1400	1600	1920	2300
250	2500	2900	3500	4200
300	3900	4600	5600	6700
400	7000	8300	10000	12000

Fonte NBR 8160 (ABNT, 1999)

4.3.2.4 Dimensionamento da coluna de ventilação

Para a coluna de ventilação primária, a NBR 8160 (ABNT, 1999) indica que, para tubos de queda de DN igual a 100 mm e até 43 UHC, a coluna de ventilação primária deve ser de DN igual 50 mm.

4.3.3 Orientações para o projeto

O sistema de esgoto deve ter separação total do sistema de água fria, e a disposição final deve ser feita na rede pública de coleta de esgoto sanitária.

Todas as tubulações horizontais devem favorecer o escoamento por gravidade, de acordo com as declividades mínimas orientadas na NBR 8160 (ABNT, 1999):

- 2% para tubulações com diâmetro igual ou inferior a 75 mm;
- 1% para tubulações com diâmetro igual ou superior a 100 mm.

Além disso, nos trechos horizontais, as mudanças de direção devem ter 45°.

Quando os aparelhos sanitários se situarem abaixo do nível da rua, é necessário direcionar os efluentes a uma caixa de passagem por gravidade, e recalculá-los através da utilização de bombas submersas a uma caixa de inspeção acima do nível da rua, de onde serão encaminhados, através dos coletores, à rede pública.

4.4 Projeto de sistemas prediais elétricos

O dimensionamento ideal do fornecimento de energia elétrica de um empreendimento é necessário para garantir o funcionamento das instalações com segurança e conforto ao usuário. Para tanto, pré dimensiona-se a potência com base nas recomendações da NBR 5410 (ABNT, 2004) e, a partir daí, pondera-se adequadamente o sistema e dimensiona-se seus componentes.

4.4.1 Potência instalada

De acordo com a Norma Técnica NT-6.012 Requisitos Mínimos para Interligação de Microgeração e Minigeração Distribuída com a Rede de Distribuição da AES Eletropaulo com Paralelismo Permanente Através do Uso de Inversores - Consumidores de Média e de Baixa Tensão da Eletropaulo, para a conexão de geração distribuída em baixa tensão o número de fases obedece à regra:

- potência instalada menor ou igual a 20 kW, a conexão pode ser monofásica, bifásica ou trifásica.
- potência instalada maior que 20 kW, a conexão deve ser trifásica.

Deste modo, acompanhando as recomendações da NBR 5410 (ABNT, 2004) e nos Manuais Prysmian de Instalações Elétricas (2006), prevê-se a potência instalada da edificação.

As potências instaladas são caracterizadas por: cargas de iluminação, cargas de tomadas de uso geral (TUGs) e cargas de tomadas de uso específico (TUEs).

4.4.2 Previsão de carga de iluminação

Para ambientes de até 6 m², previu-se carga mínima de 100 VA de iluminação.

Em ambientes maiores, previu-se 100 VA para os primeiros 6 m² mais 60 VA para cada 4 m² inteiros excedentes.

A NBR 5410 (ABNT, 2004) não estipula regra para iluminação da área externa. Foram considerados 1900 VA para iluminação da garagem, corredor externo lateral, piscina, churrasqueira, deck, hidromassagem e banheiro externo.

Segundo o catálogo da fabricante Phillips, a utilização de lâmpadas LED tem eficiência cinco vezes maior que as lâmpadas incandescentes. Para este projeto, foram utilizadas lâmpadas LED.

4.4.3 Previsão de carga das TUGs

Primeiramente foi definido o número de pontos de tomada:

- para banheiros, previu-se um ponto de tomada próximo aos lavatórios.
- para cozinhas e áreas de serviço previu-se um ponto a cada 3,5 m de perímetro.
- para os demais cômodos, previu-se um ponto a cada 5 m de perímetro.
- para a área externa foram previstas 6 TUGs, seguindo os mesmos requisitos acima.
- em seguida, a potência de cada tomada:
- para banheiros, adotou-se 600 VA de potência por ponto.
- para cozinhas e área de serviço, adotou-se 600 VA para as primeiras 3 tomadas, e 100 VA para cada tomada excedente.
- para os demais cômodos, adotou-se 100 VA por tomada.

4.4.4 Previsão de carga das TUEs

- para a cozinha foram previstos os seguintes equipamentos: uma geladeira de 500 W, um micro-ondas de 2000 W, uma lava louças de 1500 W.
- na lavanderia foram previstos: uma lava-roupas de 1000 W e uma secadora de roupas de 3500 W.
- no banheiro das suítes 1, 2 e máster foi previsto: um chuveiro elétrico de 5600 W.
- na área externa foi previsto: uma geladeira de 500 W e um chuveiro elétrico de 5600 W.

Para o cálculo da Potência Ativa total, deve-se multiplicar as cargas pelo seu fator de potência, ou seja, o coeficiente de transformação de potência aparente em potência ativa.

O fator de potência de iluminação é 1,0, o das TUGs é 0,8. Para as TUEs foram utilizados os valores nominais de potência, portanto seu fator de potência é 1,0.

A memória de cálculo pode ser verificada no Apêndice F. Como conclusão tem-se a potência aparente de iluminação total de 1104 VA, de TUGs de 5840 VA e TUEs, 29400 VA. A potência ativa total do projeto é de 38640 W. Portanto, o projeto deve ter fornecimento trifásico, com quatro fios, sendo três fases e um neutro.

4.4.5 Quadros de distribuição

O quadro de distribuição principal está localizado no hall de entrada, ao lado da porta social, próximo ao medidor, sendo um local de fácil acesso e evitando desperdícios com os cabos de distribuição.

Preveu-se um quadro de distribuição secundário no segundo, que recebe do primário toda a ligação do primário, funcionando como uma caixa de passagem e facilitando o desligamento de apenas um pavimento em caso de manutenção, por exemplo.

Este localiza-se no corredor do segundo pavimento. Ao QDL 1 estão associados 11 circuitos e ao QDL 2, 5 circuitos.

4.4.6 Dimensionamento do circuito

Para o dimensionamento do sistema elétrico, é necessário levantar a potência instalada, seus fatores de ponderação, a corrente do sistema, a dimensão dos fios e a corrente nominal dos disjuntores.

4.4.6.1 Potência

O fator de demanda, ou seja, a ponderação do uso simultâneo dos aparelhos elétricos, foi especificado conforme a Tabela 12 retirada do Manual e Catálogo do Eletricista da Schneider Eletric.

Tabela 12 Fator de demanda por potência instalada

Potência Instalada de Iluminação e Tomada de uso geral (kW)	Fator de Demanda
Até 1	86%
Entre 1 e 2	75%
Entre 2 e 3	66%
Entre 3 e 4	59%
Entre 5 e 6	45%
Entre 6 e 7	40%
Entre 7 e 8	35%
Entre 8 e 9	31%
Entre 9 e 10	27%
Acima de 10	24%

Fonte Manual e Catálogo do Eletricista Schneider Eletric

A corrente do circuito é uma relação da potência e da diferença de potencial associado a ele conforme Equação 4.1:

$$Pot = U \times I \quad (4.1)$$

Onde:

Pot é a potência em Watts [W];

U é a diferença de potencial em Volts [V];

I é a corrente elétrica em Amperes [A].

4.4.6.2 Seção dos fios

A seção dos fios é associada à corrente do circuito de acordo com a Tabela 13 da NBR 5410 (ABNT, 2004):

Tabela 13 Corrente máxima pela seção do fio

Seção (mm²)	Corrente (A)
0,50	9
0,75	11
1,00	14
1,50	18
2,50	24
4,00	32
6,00	41
10,00	57
16,00	76
25,00	101
35,00	125
50,00	151
70,00	192

Fonte NBR5410 (ABNT, 2004)

Ainda de acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2004), indica-se a utilização de fios de 1,5 mm² para iluminação e 2,5 mm² para tomadas.

4.3.6.3 Disjuntores

A proteção do circuito contra sobrecargas e curto-circuitos é feita através dos disjuntores instalados no quadro de distribuição, seu funcionamento consiste no desligamento do circuito caso um limite de corrente associado a ele seja atingido, conforme o do Manual e Catálogo do Eletricista da Schneider Eletric.

Circuitos de tomadas e iluminação monofásicos foram protegidos com disjuntores unipolares, circuitos de tomadas de uso específico, como chuveiros elétricos em sistema bifásico de 220 V, foram protegidos com disjuntores bipolares.

A corrente nominal do disjuntor deve ser maior do que a corrente de projeto no circuito e menor do que a corrente máxima do fio associado a ele, conforme memória de cálculo no Apêndice F.

4.4.6.4 Eletrodutos

Foram previstos eletrodutos corrugados Tigreflex da Tigre de PVC antichama, com bitola de 25mm de diâmetro para toda a residência.

4.5 Movimentação de terra

Para o cálculo do volume de terra a ser escavado e aterrado, é necessário considerar o empolamento e a retração, respectivamente.

O empolamento é a consequência da remoção do solo de seu estado natural, resultando no rearranjo dos grãos de forma a aumentar o seu volume (reduzir sua densidade). A taxa de empolamento é, portanto, a variação do volume de solo no estado natural a solo solto, usualmente expressa em termos de suas massas específicas conforme a Equação 5.1:

$$E = \frac{\gamma_n}{\gamma_s} - 1 \quad (5.1)$$

Onde:

E = taxa de empolamento;

γ_n = massa específica do solo no estado natural [kg/m³] e

γ_s = massa específica do solo solto [kg/m³].

As taxas usuais de empolamento utilizadas podem ser observadas na Tabela 14:

Tabela 14 Taxas de empolamento de acordo com os tipos de solo

Material	Empolamento
Rocha detonada	50%
Solo argiloso	40%
Terra comum	25%
Solo arenoso seco	12%

Fonte: Mattos (2014) publicado em <http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/como-trabalhar-com-empolamento-e-contracao-311252-1.aspx> acessado em 09/16

O volume resultante do serviço de escavação é calculado conforme a Equação 5.2:

$$V_s = V_n \times (1 + E) \quad (5.2)$$

Onde:

V_s = volume do solo solto, provindo da escavação [m³];

V_n = volume do solo no estado natural, antes da escavação [m³] e

E = taxa de empolamento.

A contração é o efeito da compactação do solo solto em um aterro. A consequência é a retração de volume devido ao rearranjo dos grãos (aumento de densidade).

A taxa de contração pode ser calculada através da relação entre a massa específica do solo compactado após aterro (obtida por ensaio de Proctor, por exemplo) e a massa específica do solo no estado natural, conforme a Equação 3:

$$C = \frac{\gamma_n}{\gamma_a} \quad (5.3)$$

Onde:

γ_n = massa específica do solo no estado natural [kg/m³];

γ_a = massa do solo no aterro, após compactação [kg/m³] e

C = taxa de compactação.

De posse de ambas as taxas de empolamento e compactação, é possível determinar o volume de solo em estado natural (Equação 5.4) e volume de solo solto (Equação 5.5) necessários para realizar um aterro:

$$Va = Vs \times \frac{C}{1+E} \quad (5.4)$$

$$Va = Vn \times C \quad (5.5)$$

Onde:

C = taxa de compactação;

Vs = volume do solo solto, provindo da escavação [m^3];

Vn = volume do solo no estado natural, antes da escavação [m^3] e

E = taxa de empolamento.

De acordo com o anteprojeto, seguem os resultados de volumes de corte e aterro, desconsiderando empolamento e contração.

- Corte: $51m^3$
- Aterro: $70m^3$
- Saldo: $19m^3$ de aterro

De acordo com o Apêndice C no qual pode-se observar o perfil do solo e do terreno, a área de corte (indicada em vermelho) será feita na camada de Argila Arenosa Marrom Escuro.

Para as considerações de empolamento, adotaram-se os valores da Tabela 14, onde verifica-se o Empolamento da argila de 40%. No entanto, por se tratar de uma argila arenosa, considerou-se empolamento de 30%.

Assim, com a Equação 5.6, calculou-se o volume de solo escavado:

$$Vs = 51 \times (1 + 0,40) = 71,4m^3 \quad (5.6)$$

Para o cálculo da contração, é necessária a massa específica do solo compactado, a qual é obtida por ensaios em laboratório (ex. ensaio de Proctor). Para este trabalho, considerou-se contração de 10% do aterro para o solo natural, portanto $C = 90\%$.

Assim, com a Equação 5.7, calcula-se o volume de solo compactado:

$$V_s = 70 \times \frac{(1+0,40)}{0,9} = 109 \text{ m}^3 \quad (5.7)$$

Portanto, dados os fatores acima, são necessários 37,6 m³ de empréstimo de terra para aterro.

4.6 Projeto de fundação

A transmissão dos esforços da estrutura para o solo é feita através das fundações, portanto seu projeto contempla as cargas aplicadas pela obra e a resposta do solo a essas solicitações, segundo Hachich et al. (1998).

4.6.1 Solo

Da análise do ensaio SPT do solo, fornecido pelo proprietário do terreno (encontra-se no Apêndice C), exclui-se a possibilidade de execução de fundações rasas, como blocos e sapatas, que se apoiam nas camadas mais superficiais do solo. Estas camadas têm resistência baixa para suportar as solicitações dos pilares, com SPT variando de 4 a 9 em solo de argila arenosa marrom escura. Soma-se a isso, o fato de que o terreno tem um acentuado desnível e serão necessárias operações de corte e aterro para nivelá-lo. Portanto, este solo requer fundações profundas do tipo estaca.

4.6.2 Estaca broca

A estaca escavada do tipo broca faz parte do conjunto de fundações profundas, portanto, sua profundidade é maior que o dobro da sua menor dimensão em planta, de acordo com a definição da NBR 6122 (ABNT, 1996).

Levando em consideração a vizinhança, com construções antigas em ambos os lados do terreno, esta escolha é ideal, pois sua execução não demanda vibração do solo, prevenindo danos nas estruturas próximas.

Além disso, seu custo é compatível com a construção de um edifício desde porte, pois não são necessários equipamentos de grande porte que encarecem outras soluções.

A estaca broca suporta até 8 tf e tem comprimento variável de 3 a 8m (PEF2405 – Fundações).

4.6.3 Dimensionamento da fundação

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 1996), a carga de ruptura da estaca é calculada pela Equação 6.1:

$$P_L = P_L + P_P \quad (6.1)$$

Onde:

P_R : carga de ruptura, ou capacidade de carga de uma fundação em estaca;

P_L : parcela da carga de ruptura devido ao atrito lateral solo-estaca desenvolvido ao longo do fuste da estaca (capacidade de carga do fuste);

P_P : parcela da carga de ruptura resistida pela ponta da estaca (capacidade de carga de ponta);

O cálculo de P_R e P_P são dados pelas Equações 6.2 e 6.3:

$$P_R = U \sum l \times r_L \quad (6.2)$$

e,

$$P_p = A_p \times r_p \quad (6.3)$$

Onde:

r_L : atrito lateral desenvolvido no contato fuste-solo;

r_p : resistência de ponta;

A_p : área da ponta da estaca;

U : perímetro da seção transversal do fuste;

Δl : trecho do fuste onde se admite r_L constante

Pelo método de Aoki e Velloso (1975), calcula-se o atrito lateral e a resistência de ponta pelas Equações 6.4 e 6.5:

$$r_p = \frac{K \times N_{SPT}}{F_1} \quad (6.4)$$

$$r_L = \frac{\alpha \times K \times N_{SPT}}{F_2} \quad (6.5)$$

Onde:

N_{SPT} : valor da resistência à penetração dinâmica obtida no ensaios SPT;

α : relação entre as resistências de ponta e lateral local do ensaio de penetração estática, segundo Vargas (1977) apud Schnaid (2000);

K : coeficiente de conversão da resistência de ponta do cone para NSPT;

F_1 e F_2 : coeficientes de correção das resistências de ponta e lateral;

Para argila siltosa, K equivale a 220 kN/m² para argila siltosa e α a 4%, F_1 equivale a 3,0 e F_2 a 6 para estacas escavadas, segundo Alonso (1983).

A memória de cálculo está disponível no Apêndice D. O resultado pode ser observado na Tabela 15

Tabela 15 Resultado do dimensionamento das fundações em estaca broca

Eixo	Pilares	Carga	Destacas	Hestacas	Pp	Nestacas	Nestacas
11	120	70,4	0,3	2,0	47,7	1,5	2
11	12	123,0	0,3	3,0	65,3	1,9	2
11	11	96,8	0,3	3,0	65,3	1,5	2
11	14	72,8	0,3	2,0	47,7	1,5	2
11	17	27,8	0,3	2,0	47,7	0,6	1
11/8	3	32,3	0,3	2,0	47,7	0,7	1
8	6	235,2	0,3	6,0	121,3	1,9	2
8	9	329,9	0,3	6,0	121,3	2,7	3
8	106	265,1	0,3	6,0	121,3	2,2	3
8	13	190,3	0,3	6,0	121,3	1,6	2
8	16	45,9	0,3	2,0	47,7	1,0	1
7	124	32,4	0,3	2,0	47,7	0,7	1
7	118	126,1	0,3	3,0	65,3	1,9	2
7	114	138,5	0,3	6,0	121,3	1,1	2
7	2	94,3	0,3	6,0	121,3	0,8	1
7	101	64,0	0,3	3,0	65,3	1,0	1
7	15	14,7	0,3	2,0	47,7	0,3	1

Fonte: Elaborado pelos autores

4.6.4 Bloco de estacas

A transmissão dos esforços das estruturas para as estacas é feita através dos blocos de fundação. No Brasil, o cálculo dos blocos é feito por dois métodos: o método das bielas, de Blévyot (1967) e o proposto pelo CEB-70.

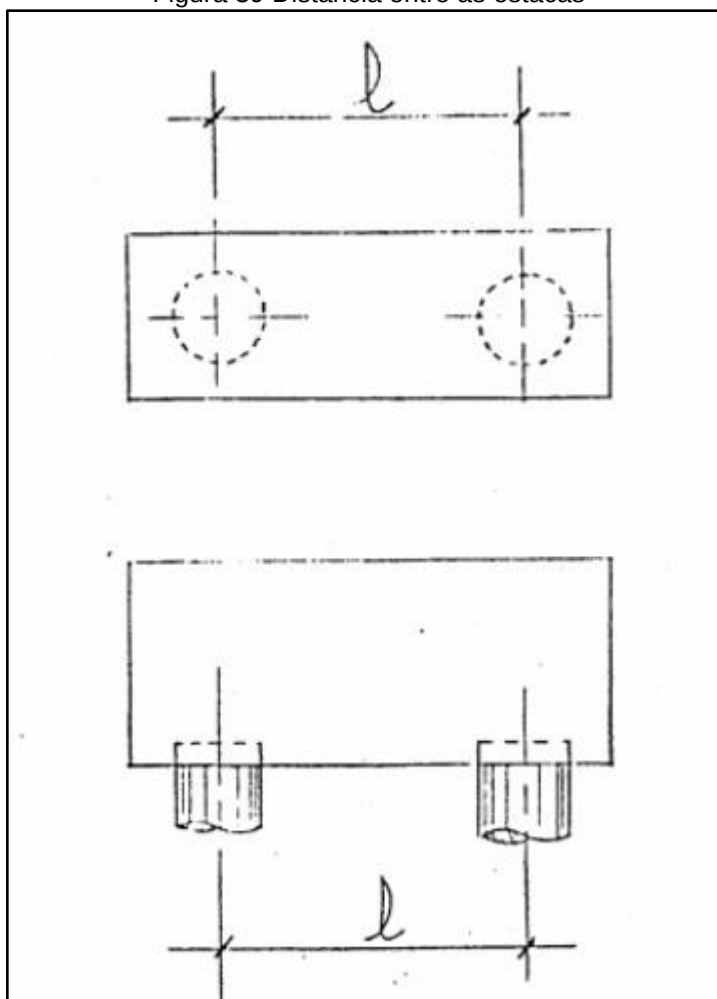
Este projeto foi realizado pelo método das bielas, que é recomendado quando o carregamento é quase centrado e todas as estacas tem mesmo espaçamento do centro do pilar. Ele admite um modelo resistente no interior do bloco de treliça espacial, se o bloco for sobre várias estacas, ou treliça plana, para os casos de bloco sobre duas estacas.

4.6.4.1 Dimensionamento dos blocos

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2003), as estacas devem possuir um comprimento mínimo de 5 cm dentro do bloco de fundação e as estacas devem ter

uma distância entre si (l) de 3 vezes o diâmetro externo dela, conforme ilustrado na Figura 39.

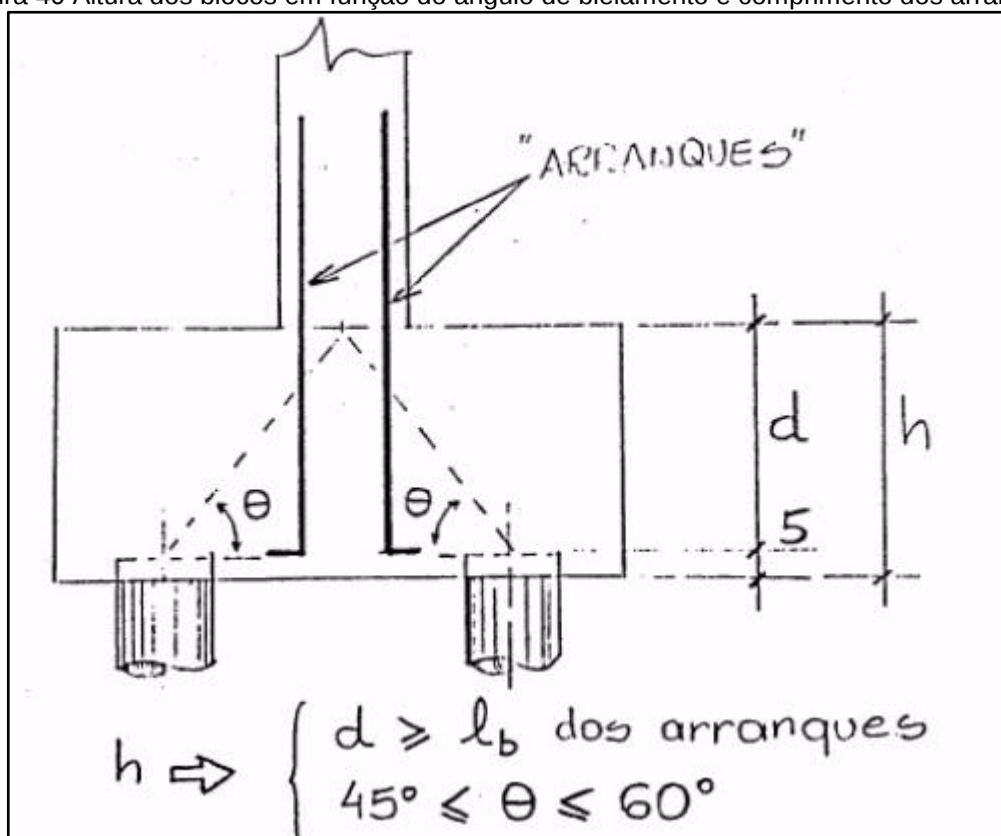
Figura 39 Distância entre as estacas



Fonte Notas de aula FEC - UNICAMP

A altura do bloco (h) varia em função do comprimento de ancoragem da armadura de espera (l_b) – “arranque” - dos pilares e do ângulo de “bielamento” (θ), que ser de 45° a 60° , ilustrado na Figura 40.

Figura 40 Altura dos blocos em função do ângulo de bielamento e comprimento dos arranques

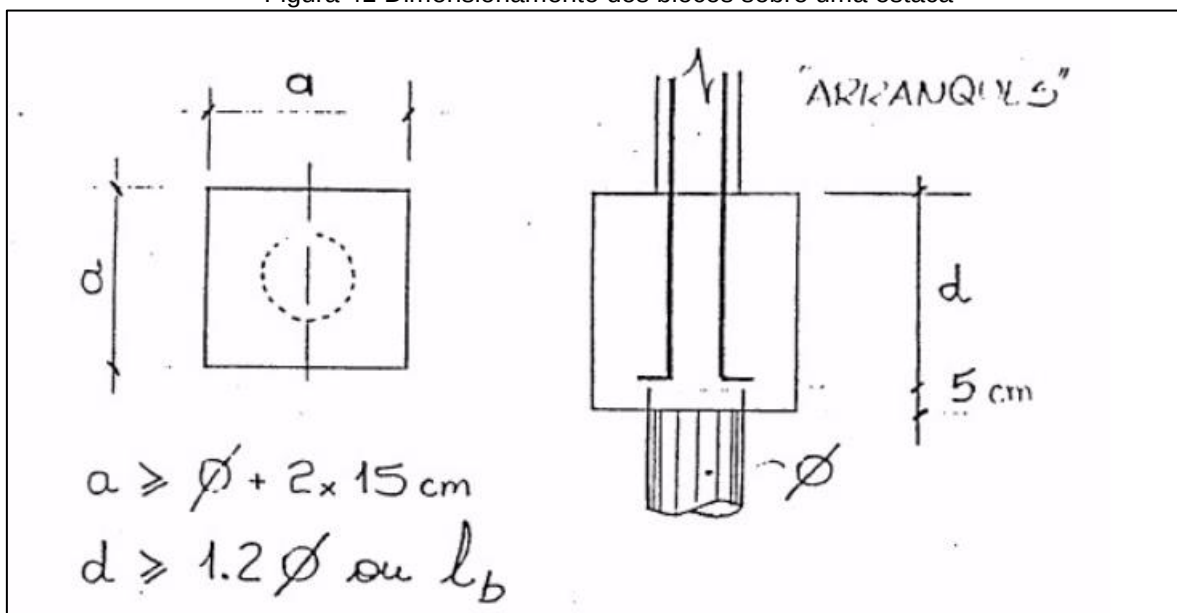


Fonte Notas de aula FEC – UNICAMP

4.6.4.2 Dimensionamento de bloco sobre uma estaca

De acordo com as notas de aula da Faculdade de Engenharia Civil da Unicamp, dimensionamos os blocos sobre uma estaca a partir das equações descritas na Figura 41 :

Figura 41 Dimensionamento dos blocos sobre uma estaca

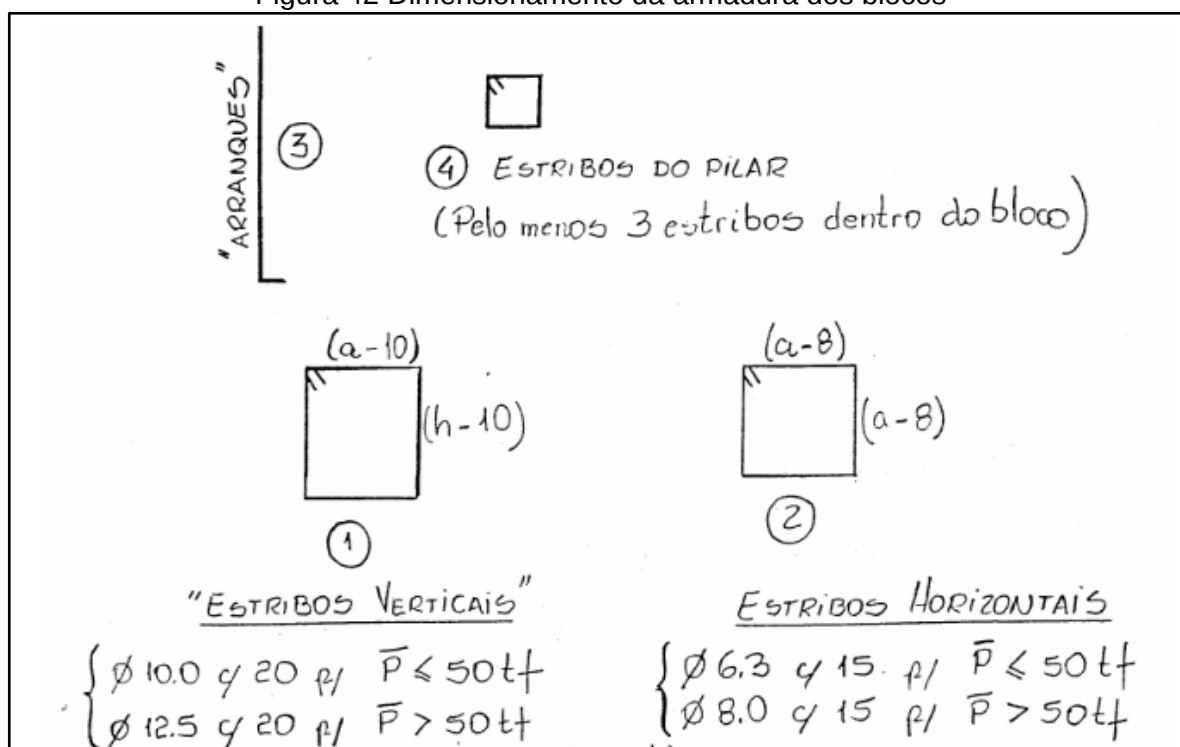


Fonte Notas de aula FEC - UNICAMP

4.6.4.2.1 Dimensionamento da armadura do bloco sobre uma estaca

Os estribos verticais devem ter 10 cm de largura a menos que a largura do bloco e a altura do estribo também deve ser menor em 10 cm do que a largura do bloco. Para os estribos horizontais, as duas dimensões devem ser 8 cm menores que a largura do bloco, conforme Figura 42:

Figura 42 Dimensionamento da armadura dos blocos

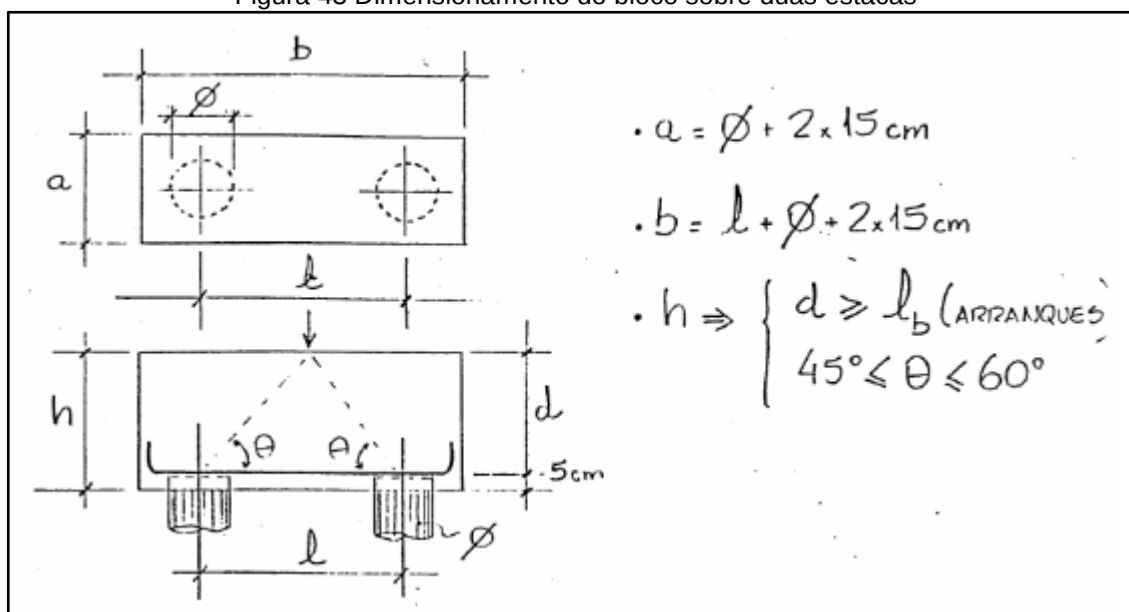


Fonte Notas de aula FEC – UNICAMP

4.6.4.3 Dimensionamento dos blocos sobre duas estacas

O dimensionamento dos blocos sobre duas estacas consiste na determinação da armadura do tirante (As) sobre as estacas e de uma armadura (Ast) de apoio. Os parâmetros de largura e altura do bloco estão relacionados ao comprimento dos arranques e ângulo de bielamento, conforme Figura 43.

Figura 43 Dimensionamento do bloco sobre duas estacas

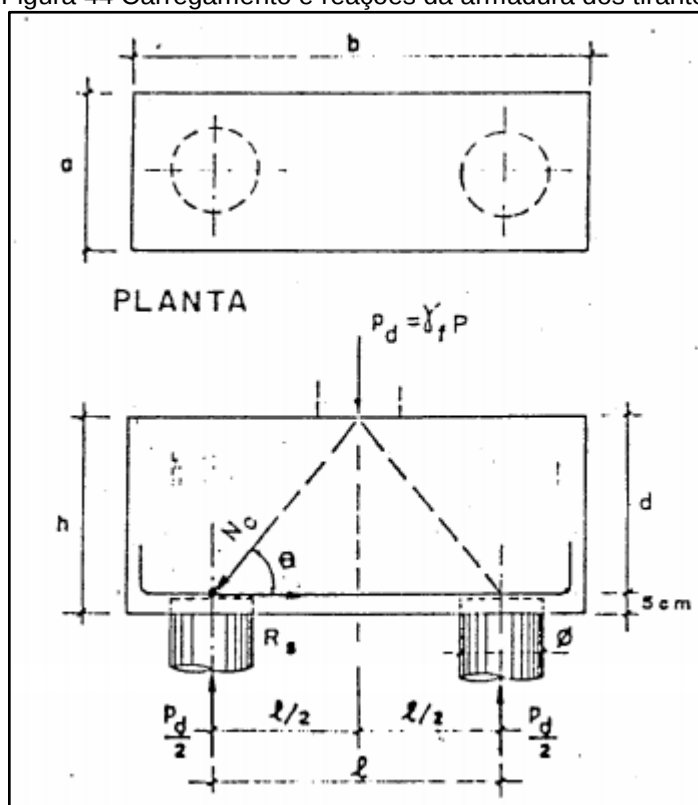


Fonte Notas de aula FEC - UNICAMP

4.6.4.3.1 Dimensionamento da armadura dos blocos sobre duas estacas

A armadura do tirante (A_s) é disposta sobre as estacas e constituída por pelo menos duas barras, conforme a Figura 44:

Figura 44 Carregamento e reações da armadura dos tirantes



Fonte Notas de aula FEC – UNICAMP

Da Figura 44 extraem-se as Equações 6.6, 6.7 e 6.8:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{2d}{l} \quad (6.6)$$

$$R_s = \frac{P_d \times l}{4 \times d} \quad (6.7)$$

$$A_s = \frac{R_s}{f_{yd}} \quad (6.8)$$

Onde:

θ é o ângulo de bielamento;

d é a altura do bloco;

P_d é a carga no pilar;

R_s é a reação da estaca.

A_s é a armadura do tirante

f_{yd} é 330 MPa para limitação de fissuração em serviço

As barras da armadura do tirante devem ser dispostas o mais concentradas possível sobre as estacas, e não uniformemente distribuídas ao longo da largura do bloco.

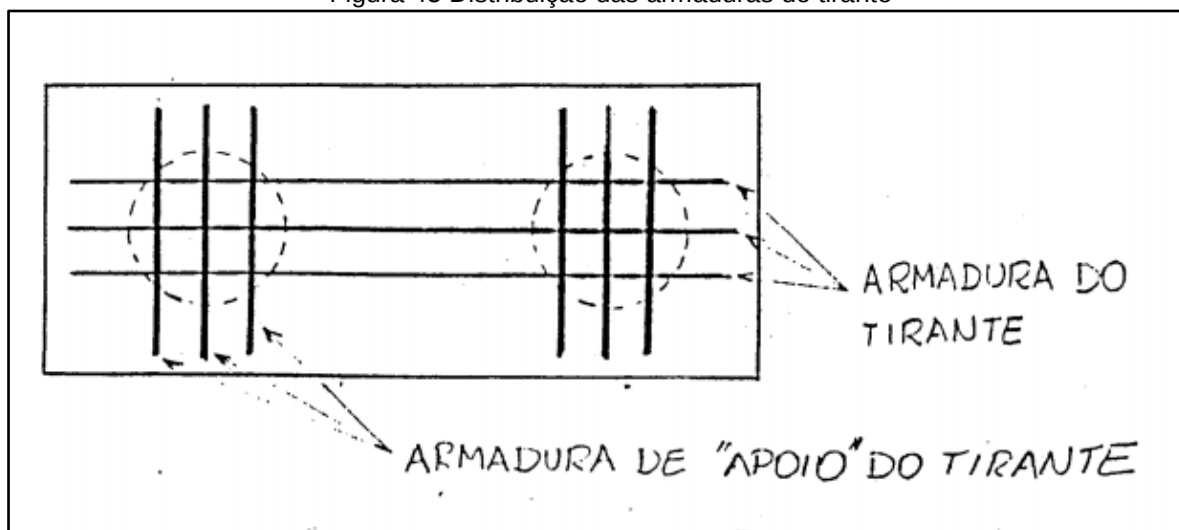
Nos casos em que a armadura for disposta fora das cabeças da estaca, é recomendável uma armadura transversal à armadura dos tirantes, no topo das estacas, calculada pela Equação 6.9:

$$A_{st} = \frac{P_d}{8 \times f_{yd}} \quad (6.9)$$

Onde P_d e f_{yd} foram definidos anteriormente.

Desta forma, tem-se a distribuição das armaduras na Figura 45:

Figura 45 Distribuição das armaduras do tirante



Fonte Notas de aula FEC - UNICAMP

4.6.4.3.2 Armaduras construtivas

Além das armaduras do tirante e das armaduras transversais no topo das estacas, devem-se as seguintes armaduras construtivas:

- Armadura na face superior do bloco: barras horizontais de 10 mm.
- Armadura de pele horizontal: barras de 10 mm dispostas nas faces laterais com espaçamentos menores de 20 cm.

- c) Estribos verticais: estribos de 6,3 mm com espaçamentos menores que 15 cm.

4.6.4.4 Dimensionamento dos blocos sobre três estacas

Quando sobre três estacas, o bloco tem forma triangular e as premissas de dimensionamento seguem conforme os blocos sobre duas estacas.

4.7 Projeto estrutural

O projeto estrutural visa determinar de forma segura, econômica e durável, a estrutura do edifício, conforme dita a NBR 6118 (ABNT, 2014):

[NBR 6118/2014 – Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento]

As estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que, sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o prazo correspondente à sua vida útil.

Ou seja, adaptada à funcionalidade e estética impostas pelo projeto de arquitetura, a estrutura deve resistir aos esforços e transmiti-los ao solo.

4.7.1 Solução adotada

No pré-dimensionamento, foi elaborada a matriz de comparação das soluções estruturais, apresentada na Tabela 16, na qual, quanto maior a nota dos critérios listados, pior a solução:

Tabela 16 Matriz e decisão do método construtivo

Critério	Estrutura				Laje		
	Convencional	Alvenaria Estrutural	Placas	Maciça	Protendida	Treliçada	Painel
Prazo	3	1	1	3	4	2	1
Preço	3	2	3	4	5	1	3
Disponibilidade de Material	2	2	4	2	4	1	3
Disponibilidade de Mão de Obra	2	2	4	2	4	1	3
Compatibilização com Arquitetura	1	4	4	1	3	2	2
Qualidade	1	3	3	1	1	1	1
Geração de resíduos	2	1	1	3	1	2	2
TOTAL	14	15	20	16	22	10	15

Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

De acordo com a matriz, a solução ótima seria de estrutura convencional combinada às lajes treliçadas. No entanto, por problemas operacionais com o software de análise estrutural Robot, optou-se pela laje maciça moldada “*in loco*”.

Deste modo, foram projetadas lajes com melhor acabamento da parte inferior e capazes de vencer vãos maiores, com maior adaptabilidade à arquitetura, porém, com prazo e custo maiores.

4.7.2 Modelo de segurança adotado

A segurança estrutural está relacionada a diversos fatores, como a variabilidade e simultaneidade das ações, erros teóricos de análise estrutural, imprecisões de cálculo e execução, condições de adversidades excepcionais, entre outras, que afetam os parâmetros de ações e resistências do edifício. Assim, a segurança é verificada neste trabalho, a partir dos Estados Limites da estrutura, um método semi-probabilístico que majora as ações e minora as resistências, que é definido pela NBR 8681 (2003) como:

[NBR 8681/2003 – Ações e segurança nas estruturas - Procedimento]
3.1 estados limites de uma estrutura: Estados a partir dos quais a estrutura apresenta desempenho inadequado às finalidades da construção.

Os Estados Limites podem ser Últimos ou de Serviço:

- **Estado Limite Último**

O Estado Limite Último – ELU é o limite alcançado pelo esgotamento da capacidade portante devido ao colapso, resultando na interrupção do uso do edifício, como definido pela NBR 8681 (2003):

[NBR 8681/2003 – Ações e segurança nas estruturas - Procedimento]
3.2 estados limites últimos: Estados que, pela sua simples ocorrência, determinam a paralisação, no todo ou em parte, do uso da construção.

Neste projeto serão verificados os estados limites últimos descritos nos itens 4.4.1 "a", "b" e "d" da NBR 8681 (ABNT, 2003).

[NBR 8681/2003 – Ações e segurança nas estruturas - Procedimento]

4.1.1 Estados limites últimos No projeto, usualmente devem ser considerados os estados limites últimos caracterizados por:

- a) perda de equilíbrio, global ou parcial, admitida a estrutura como um corpo rígido;
- b) ruptura ou deformação plástica excessiva dos materiais; [...]
- d) instabilidade por deformação; [...]

• Estado Limite de Serviço

Os Estados Limites de Serviço – ELS, são relacionados ao conforto do usuário e à durabilidade, aparência e boa utilização das estruturas, segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014). A NBR 8681 define ELS:

[NBR 8681/2003 – Ações e segurança nas estruturas - Procedimento]

3.3 estados limites de serviço: Estados que, por sua ocorrência, repetição ou duração, causam efeitos estruturais que não respeitam as condições especificadas para o uso normal da construção, ou que são indícios de comprometimento da durabilidade da estrutura.

Neste projeto será verificado os estado limite de serviço descrito no item 4.1.2.1 "b" da NBR 8681 (ABNT, 2003).

[NBR 8681/2003 – Ações e segurança nas estruturas]

4.1.2 Estados limites de serviço

4.1.2.1 No período de vida da estrutura, usualmente são considerados estados limites de serviço caracterizados por:

[...]

- b) deformações excessivas que afetem a utilização normal da construção ou seu aspecto estético;

A segurança da estrutura é verificada quando a solicitação de cálculo (majorada) pelos esforços é inferior à resistência de cálculo (minorada) da estrutura, ou seja, quando respeitada a condição: $S_d \leq R_d$ para todos os estados limites estudados no projeto.

4.7.3 Coeficientes de minoração das resistências

As resistências características f_k , ou seja, os valores de resistência de um lote de material cuja probabilidade de ser ultrapassada é de apenas 5% segundo a NBR 6118/2014, devem ser minorados por um dado coeficiente de minoração γ_m , para se obter a resistência de cálculo f_d , sendo $f_d = \frac{f_k}{\gamma_m}$, com os coeficientes de minoração

do aço e concreto determinados pela NBR 6118 (ABNT, 2014) na Tabela 12.1 do documento:

[NBR 6118/2014 – Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento]

Tabela 12.1 – Valores dos coeficientes γ_c e γ_s

Combinações	Concreto γ_c	Aço γ_s
Normais	1,4	1,15
Especiais ou de construção	1,2	1,15
Excepcionais	1,2	1

Assim sendo, e definido que o índice “c” se relaciona às propriedades do concreto e “y” ao aço, tem-se $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$ a resistência de cálculo do concreto e $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$ a resistência ao escoamento do aço.

4.7.4 Coeficientes de majoração das ações para análise do ELU

As ações devem ser majoradas de acordo por coeficientes de acordo com a Tabela 11.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014):

[NBR 6118/2014 – Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento]

Tabela 11.1 – Coeficiente $\gamma_f = \gamma_{f1} \cdot \gamma_{f2}$

Combinação de ações	Ações							
	Permanentes (g)		Variáveis (q)		Protensão (p)		Recalques de apoio e retração	
	D	F	G	T	D	F	D	F
Normais	1,4 ¹⁾	1,0	1,4	1,2	1,2	0,9	1,2	0
Especiais ou de construção	1,3	1,0	1,2	1,0	1,2	0,9	1,2	0
Excepcionais	1,2	1,0	1,0	0	1,2	0,9	0	0
Onde: D é desfavorável, F é favorável, G representa as cargas variáveis em geral e T é a temperatura. [...]								

Portanto, o coeficiente de majoração $\gamma_{fg} = \gamma_{fq} = 1,4$ e $\gamma_{fc} = 1,2$ neste projeto.

4.7.5 Coeficientes de majoração e ponderação das ações para análise do ELS

De acordo com a NBR 8116 (ABNT, 2014), um carregamento é a combinação de ações com determinada probabilidade não desprezível de ocorrerem simultaneamente. As combinações possíveis no ELS são combinações quase permanentes (CQP), combinações frequentes (CF) e combinações raras (CR), conforme descritas na norma:

[NBR 6118 (ABNT, 2014) – Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento]

11.8.3.1 Classificação

São classificadas de acordo com sua permanência na estrutura e devem ser verificadas como estabelecido a seguir:

- a) quase permanentes: podem atuar durante grande parte do período de vida da estrutura, e sua consideração pode ser necessária na verificação do estado-limite de deformações excessivas;
- b) frequentes: repetem-se muitas vezes durante o período de vida da estrutura, e sua consideração pode ser necessária na verificação dos estados-limites de formação de fissuras, de abertura de fissuras e de vibrações excessivas. Podem também ser consideradas para verificações de estados-limites de deformações excessivas decorrentes de vento ou temperatura que podem comprometer as vedações;
- c) raras: ocorrem algumas vezes durante o período de vida da estrutura, e sua consideração pode ser necessária na verificação do estado-limite de formação de fissuras.

No ELS, as forças permanentes não são majoradas, para as variáveis, segue-se a Tabela 11.2 da NBR 6118 (ABNT, 2014).

[NBR 6118/2014 – Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento]

Tabela 11.2 – Valores do coeficiente γ_{f2}

Ações		γ_{f2}		
		ψ_0	$\psi_1^{1)}$	ψ_2
Cargas acidentais de edifícios	Locais em que não há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevada concentração de pessoas ²⁾	0,5	0,4	0,3
	Locais em que há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevada concentração de pessoas ³⁾	0,7	0,6	0,4
	Biblioteca, arquivos, oficinas e garagens	0,8	0,7	0,6
Vento	Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral	0,6	0,3	0
Temperatura	Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local	0,6	0,5	0,3
¹⁾ Para os valores de ψ_1 relativos às pontes e principalmente aos problemas de fadiga, ver seção 23. ²⁾ Edifícios residenciais. ³⁾ Edifícios comerciais, de escritórios, estações e edifícios públicos.				

4.7.6 Formulação para cálculo das ações nas combinações do ELU e ELS

Conforme a Tabela 11.1, Tabela 11.2 e Tabela 11.3 da NBR 6118/2014, adotou-se a seguinte formulação para cálculo das ações na combinação do ELU e do ELS

- **ELU:** $F_d = \gamma_g F_{gk} + \gamma_{\varepsilon g} F_{\varepsilon gk} + \gamma_q (F_{q1k} + \sum \psi_{0j} F_{qjk}) + \gamma_{\varepsilon q} \psi_{0\varepsilon} F_{\varepsilon qk}$
- **ELS-CQP:** $F_{d,ser} = S F_{gik} + y_1 F_{q1k} + S y_{2j} F_{qjk}$
- **ELS-CF:** $F_{d,ser} = \sum F_{gik} + F_{q1k} + \sum \psi_{1j} F_{qjk}$

Onde:

F_d corresponde ao valor de cálculo das ações na combinação ELU;

$F_{d,ser}$ corresponde ao valor de cálculo das ações na combinação ELS;

$F_{g,k}$ corresponde ao valor característico das ações permanentes;

$F_{q1,k}$ corresponde ao valor característico da ação acidental principal;

$F_{qj,k}$ corresponde ao valor característico das ações acidentais secundárias
 ψ corresponde ao coeficiente de majoração das ações;

$F_{\varepsilon k}$ representa as ações indiretas permanentes como a retração $F_{\varepsilon gk}$ e variáveis como a temperatura $F_{\varepsilon qk}$.

4.7.7 Classe de agressividade ambiental e cobertura nominal da armadura

O cobrimento das armaduras é essencial para se garantir a durabilidade e segurança da estrutura, pois funciona como uma barreira às ações químicas da evolução da corrosão do aço na região das fissuras, por exemplo.

Para que seja garantido o cobrimento mínimo, o projeto e execução devem considerar uma tolerância de 10 mm que, somada ao cobrimento mínimo, configuram o cobrimento nominal da Tabela 7.2 da NBR 6118 (ABNT, 2014), a qual determina o cobrimento nominal de acordo com as classes de agressividade ambiental da localidade do projeto, de acordo com a Tabela 6.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014).

[NBR 6118/2014 – Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento]
6.4.2 Nos projetos das estruturas correntes, a agressividade ambiental deve ser classificada de acordo com o apresentado na Tabela 6.1 e pode ser avaliada, simplificada, segundo as condições de exposição da estrutura ou de suas partes.

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	
[...]			

Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	30	35
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

Por se tratar de um terreno na cidade de São Paulo, agressividade ambiental é classificada como moderada, ou seja, tipo II de acordo com a tabela 6.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014).

Desta maneira, adotaram-se, neste projeto, os seguintes cobrimentos nominais para os diferentes elementos estruturais, de acordo com a Tabela 7.2 da NBR 6118 (ABNT, 2014):

- Lajes: 2,5 cm
- Vigas e pilares: 3,0 cm
- Vigas baldrame: 3,0 cm
- Trechos de pilares em contato com o solo, junto aos elementos de fundação: 4,5 cm

4.7.8 Materiais especificados

A seguir serão especificadas as características do aço e concreto utilizados no projeto.

4.7.8.1 Concreto

Foi especificado o concreto estrutural com resistência à compressão $f_{ck} \geq 25\text{MPa}$ de acordo com a Tabela 7.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014) que relaciona a qualidade do

concreto com a classe de agressividade ambiental da Tabela 6.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014):

Ainda, o concreto deverá ser dosado em central, de acordo com a norma NBR 7212 (ABNT, 2012).

4.7.8.2 Aço

O aço especificado neste projeto pertence à classe CA-50, tanto para as armaduras principais quanto para os estribos. Sua resistência de escoamento é, portanto: $f_{yk} \geq 500\text{MPa}$ e demais propriedades conforme a tabela B.3 do Anexo B da NBR 7480 (ABNT, 2007).

4.7.9 *Propriedades físicas do concreto estrutural*

Neste capítulo explicita-se as propriedades de massa específica, coeficiente de Poisson, Módulo de Elasticidade e Coeficiente de Fluência do concreto.

4.7.9.1 *Massa específica e coeficiente de dilatação térmica*

A massa específica do concreto armado considerada neste projeto é de 2500 kg/m^3 , conforme NBR 6118 (ABNT, 2014).

[NBR 6118/2014 – Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento]
Se a massa específica real não for conhecida, para efeito de cálculo, pode-se adotar para o concreto simples o valor 2400 kg/m^3 e para o concreto armado, 2500 kg/m^3 .

O coeficiente de dilatação térmica de projeto é $10^{-5}/^\circ\text{C}$.

4.7.9.2 *Resistência do concreto à tração*

A resistência do concreto à tração definida neste projeto segue as recomendações da NBR 6118 (ABNT, 2014):

[NBR 6118/2014 – Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento]

A resistência à tração direta f_{ct} pode ser considerada igual a $0,9 f_{ct,sp}$ ou $0,7 f_{ct,f}$, ou, na falta de ensaios para obtenção de $f_{ct,sp}$ e $f_{ct,f}$, pode ser avaliado o seu valor médio ou característico por meio das seguintes equações:

$$f_{ctk,inf} = 0,7 f_{ct,m}$$

$$f_{ctk,sup} = 1,3 f_{ct,m}$$

— para concretos de classes até C50:

$$f_{ct,m} = 0,3 f_{ck}^{2/3}$$

[...]

Portanto, para $f_{ck} = 25$ MPa, temos:

$$f_{ct,m} = 0,3 \times 25^{\frac{2}{3}} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk,inf} = 0,7 \times 2,56 = 1,80 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk,sup} = 1,3 \times 2,56 = 3,33 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd,inf} = \frac{1,80}{1,4} = 1,28 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd,sup} = \frac{3,33}{1,4} = 2,38 \text{ MPa}$$

4.7.9.3 Módulo de elasticidade

A Tabela 8.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014) informa os seguintes valores estimados de módulo de elasticidade do concreto com resistência característica à compressão de 25 MPa:

- Módulo de elasticidade inicial (E_{ci}) = 28 GPa
- Módulo de deformação secante (E_{cs}) = 24 GPa

4.7.9.4 Coeficiente de Poisson

O coeficiente de Poisson adotado para o projeto foi de $\nu=0,2$, de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014).

4.7.9.5 Coeficiente de fluência

As deformações na estrutura podem ser classificadas como imediatas, que são observadas quando se aplica a força, ou como fluência, que corresponde ao acréscimo da deformação com o passar do tempo se a força causadora da fluência for mantida (Giongo, 2007).

De acordo com o Boletim Técnico do IAG/USP de 2012, a média da umidade relativa do ar em São Paulo nos anos de 2011 e 2012 foi de 80%. De acordo com a Tabela 8.2 da NBR 6118 (ABNT, 2014) que relaciona o coeficiente e fluência com o concreto, a umidade relativa do ar e a temperatura, adotamos o coeficiente de fluência $\phi=2,4$.

4.7.10 Ações

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), todas as ações que produzam efeitos sobre a segurança da estrutura, levando-se em conta seus estados limites, devem ser consideradas. A ABNT NBR 8681 (ABNT, 2004) classifica as ações como permanentes, variáveis e excepcionais, conforme já foi explicado.

A seguir estão listadas as cargas verticais permanentes e acidentais consideradas neste projeto, seguindo a ABNT NBR 6120 (ABNT, 1980):

Cargas permanentes:

- Peso próprio do concreto armado: 25 kN/m³
- Peso próprio da alvenaria em tijolos maciços: 18 kN/m³
- Peso próprio de argamassa (revestimento externo): 19 kN/m³
- Peso próprio de gesso (revestimento interno): 12,5 kN/m³
- Peso próprio do telhado verde: 33,0 kN/m³
- Peso próprio da caixa d'água: 0,07 kN/m³

Cargas acidentais:

- Corredores com acesso ao público: 3 kN/m²
- Dormitórios, sala, copa, cozinha e banheiro: 1,5 kN/m²
- Despensa, área de serviço e lavanderia: 2 kN/m²
- Escada com acesso ao público: 3 kN/m²
- Garagem: 3 kN/m²
- Terraço com acesso ao público: 3 kN/m²
- Forros: 0,5 kN/m²

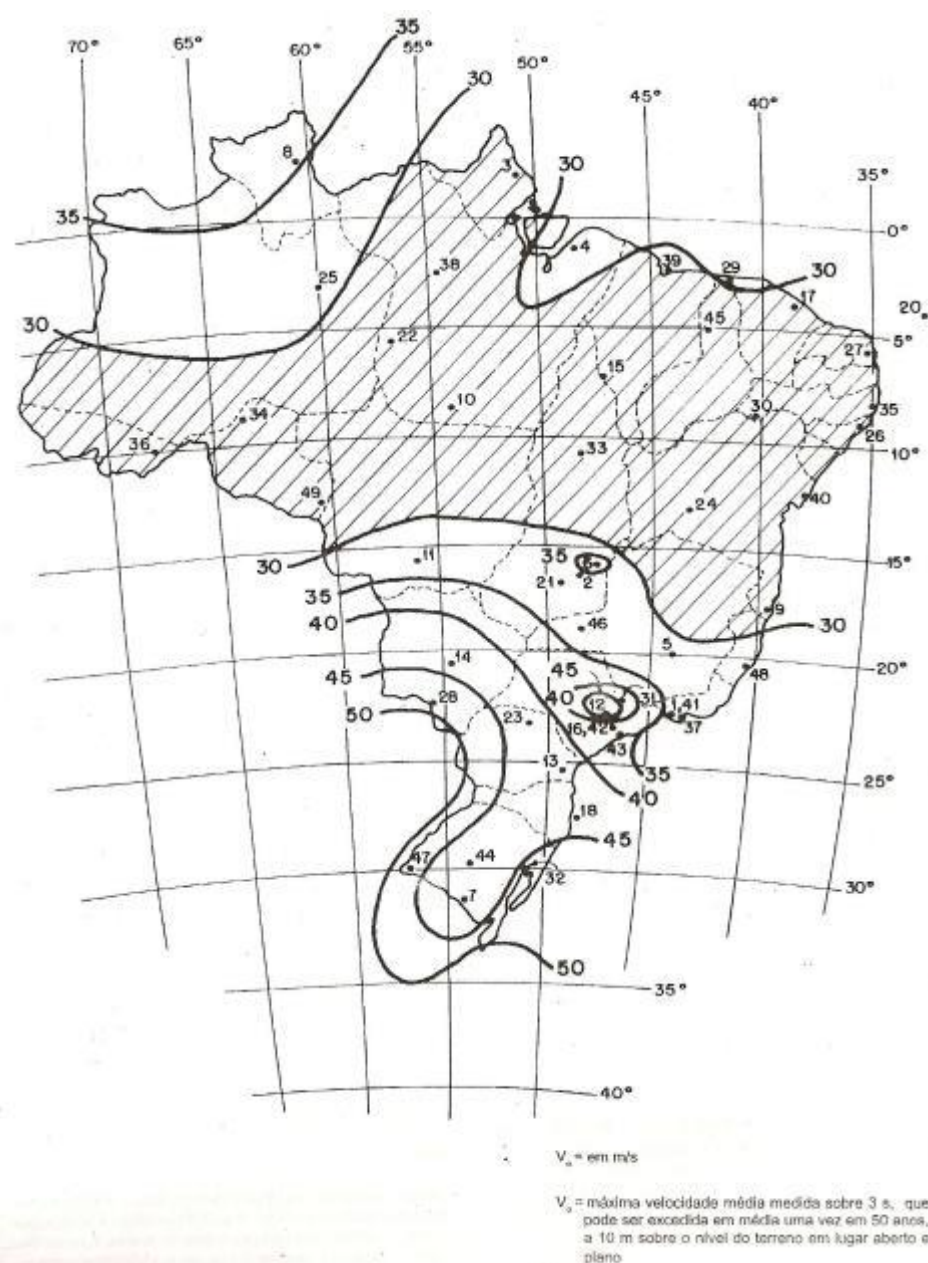
Para a determinação da carga horizontal devido ao vento, seguiu-se a NBR 6123 (ABNT, 1988) conforme orientação da ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014).

Velocidade básica é V_0 é a velocidade de uma rajada de 3s, excedida em média uma vez em 50 anos, a 10 m acima do terreno, em capo aberto e pleno, conforme o documento citado.

A Figura 46 é um mapa de isopletas do Brasil, indicado pela NBR 6123 (ABNT, 1988) para determinação das velocidades básicas de vento no Brasil. Através dele, determina-se a velocidade na região do terreno deste projeto de $V_0=42$ m/s.

A partir desta informação, considerou-se uma pressão do vento de $1,02 \text{ kN/m}^2$ nas fachadas da edificação.

Figura 46 Mapa de Isopletas do Brasil



Fonte NBR 6123 (ABNT, 1988)

4.7.11 Lançamento da estrutura e pré-dimensionamento

O pré-dimensionamento consistiu na previsão da estrutura compatibilizada ao projeto arquitetônico.

Locação de pilares

- Pilares das extremidades são locados inicialmente, seguidos dos pilares internos, respeitando imposições do projeto de arquitetura. Considerar todos os pavimentos;
- Para garantir a estabilidade global da residência, os pilares foram alinhados de modo que formassem pórticos;
- A distância entre pilares deve ser o espaçamento econômico, de 4 a 6 m.
- As vigas devem ter mesma ordem de grandeza (variação média máxima de 20%);
- A dimensão dos pilares deve ser compatível com a espessura final da alvenaria;

Locação de vigas e lajes

- Evitar encontro entre vigas, por razões construtivas;
- Formar pórticos, dispondo vigas ligando pilares;
- Para dividir painéis de lajes de grandes dimensões, localizar viga;
- Evitar que paredes se apoiem em lajes;
- A largura das vigas deve ser compatível com a espessura da alvenaria;
- A altura das vigas deve ser compatível com a locação das esquadrias;
- Os menores vãos das lajes deve ser entre 3,5 a 5,0m para ser econômico;
- As lajes devem ter dimensões semelhantes;

4.7.11.1 Pré-dimensionamento de lajes e vigas

Para avaliação do modelo estrutural proposto, foi feito um pré-dimensionamento das dimensões das lajes, vigas e pilares de modo a observar se os carregamentos estavam bem distribuídos, sem solicitar em excesso um elemento específico.

De modo simplificado, adotou-se para o pré-dimensionamento, áreas de influência das cargas nas lajes com ângulos de 45° , resultando nas equações abaixo:

$$p_x = \frac{p * l_x}{4}$$

$$p_y = \frac{p_x * (2 - l_x)}{l_y}$$

Onde:

p_x é a carga distribuída na laje na direção x;

p_y é a carga distribuída na laje na direção y;

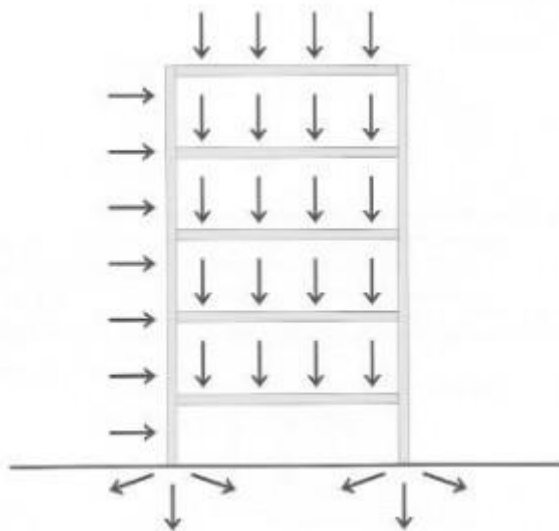
p é a carga total aplicada na laje;

l_x é a menor dimensão da laje;

l_y é a maior dimensão da laje.

O caminhamento de cargas foi feito conforme Figura 47 inicialmente carregando as lajes, que descarregam nas vigas, apoiadas nos pilares e por fim, nas fundações.

Figura 47 Fluxo do caminhamento das cargas em um edifício



Fonte: CAMPOS, João Carlos de

As cargas foram consideradas conforme Tabela 17, levando aos resultados mostrados nas Tabelas 18 e 19, de carregamentos nas lajes e vigas respectivamente.

Tabela 17 Parâmetros para pré-dimensionamento das lajes

Parâmetros	
Espessura das paredes	0,13
Laje do Reservatório	0,11
Altura das paredes	2,8
Espessura das lajes	$2,5\% \cdot l_x$
Gama Concreto	25,0
Enchimento	0,0
Revestimento	1,0
Gama Alvenaria	13,0
Carga Variável	2,0

Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

Tabela 18 Pré-dimensionamento de Lajes

Lajes	Observação	em x	em y	lx	ly	Pré-Dimensionamento das Lajes (em kN)					Alvenaria	Carga Variável	TOTAL (kN/m²)	px (kN/m)	py (kN/m)
						Espessura	Peso próprio	Revestimento	Enchimento						
L1		600	451	4,51	6	0,12	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	6,0	6,8	8,4
L2		400	451	4	4,51	0,12	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	6,0	6,0	6,7
L3		470	451	4,51	4,7	0,12	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	6,0	6,8	7,0
L4		296	828	2,96	8,28	0,12	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	6,0	4,4	7,3
L5	entrada	600	377	3,77	6	0,12	3,0	1,0	0,0	0,0	0,8	2,0	6,8	6,4	8,8
L6	molhada/ba	400	377	3,77	4	0,09	2,3	1,0	0,0	0,0	2,2	2,0	7,5	7,0	7,4
L7	molhada	470	377	3,77	4,7	0,09	2,3	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	5,3	4,9	5,9
L8	molhada/ba	300	585	3	5,85	0,09	2,3	1,0	0,0	0,0	0,9	2,0	6,2	4,6	6,9
L9	parede quar	600	451	4,51	6	0,12	3,0	1,0	0,0	0,0	0,8	2,0	6,8	7,6	9,5
L10		400	451	4	4,51	0,12	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	6,0	6,0	6,7
L11		470	186	1,86	4,7	0,12	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	6,0	2,8	4,5
L12		600	377	3,77	6	0,12	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	6,0	5,7	7,8
L13	molhada/ba	400	377	3,77	4	0,09	2,3	1,0	0,0	0,0	2,2	2,0	7,5	7,0	7,4
L14	drywall	470	377	3,77	4,7	0,12	3,0	1,0	0,0	0,0	1,0	2,0	7,0	6,6	7,9
L15	molhada/sa	296	377	2,96	3,77	0,09	2,3	1,0	0,0	0,0	1,6	2,0	6,9	5,1	6,2
L16		300	585	3	5,85	0,12	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	6,0	4,5	6,7
L17		600	451	4,51	6	0,12	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	6,0	6,8	8,4
L18		400	451	4	4,51	0,12	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	6,0	6,0	6,7
L19		470	451	4,51	4,7	0,12	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	6,0	6,8	7,0
L20		600	377	3,77	6	0,12	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	6,0	5,7	7,8
L21	reservatório	400	377	3,77	4	0,12	3,0	1,0	0,0	0,0	0,4	2,0	6,4	6,1	6,4
L22		652	377	3,77	6,52	0,12	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	6,0	5,7	8,0

Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

Tabela 19 Pré-dimensionamento de Vigas

Pré-Dimensionamento das Vigas										
Vigas	Vão	l	Carga distribuída	Vão	l	Carga distribuída	Vão	l	Carga distribuída	Σ Carga Distribuída*
VB01	L1	6,0	6,8							40,6
VB02	L2	4,0	6,7							26,7
VB03	L3	4,7	6,8							31,8
VB04	L4	3,0	7,3							21,6
VB05	L5	6,0	6,4	L1	6,0	6,8				79,0
VB06	L6	4,0	7,0	L2	4,0	6,7				54,8
VB07	L7	4,7	4,9	L3	4,7	6,8				55,1
VB08	L5	6,0	6,4							38,4
VB09	L6	4,0	7,0							28,1
VB10	L7	4,7	4,9							23,3
VB11	L4	3,0	7,3							21,6
VB12	L1	4,5	8,4							38,1
VB13	L2	4,5	6,0	L1	4,5	8,4				65,1
VB14	L2	4,5	6,0	L3	4,5	7,0				58,8
VB15	L4	8,3	4,4	L3	4,5	7,0	L7	3,8	5,9	90,9
VB16	L4	8,3	4,4							36,8
VB17	L5	3,8	8,8							33,1
VB18	L6	3,8	7,4	L5	3,8	8,8				61,1
VB19	L7	3,8	5,9	L6	3,8	7,4				50,4
VC01	L16	3,0	6,7							20,1
VC02	L17	6,0	6,8							40,6
VC03	L18	4,0	6,7							26,7
VC04	L19	4,7	6,8							31,8
VC05	L16	3,0	6,7							20,1
VC06	L20	6,0	5,7	L17	6,0	6,8				74,5
VC07	L21	4,0	6,1	L18	4,0	6,7				50,9
VC08	L22	6,5	5,7	L19	4,7	6,8				68,7
VC09	L20	6,0	5,7							33,9
VC10	L21	4,0	6,1							24,2
VC11	L22	6,5	5,7							36,9
VC12	L16	5,9	4,5							26,3
VC13	L16	5,9	4,5	L17	4,5	8,4				64,4
VC14	L18	4,5	6,0	L8	5,9	4,6	L17	4,5	8,4	92,3
VC15	L19	4,5	7,0				L18	4,5	6,0	58,8
VC16	L19	4,5	7,0							31,7
VC17	L16	5,9	4,5	L20	3,8	7,8				55,6
VC18	L21	3,8	6,4	L20	3,8	7,8				53,4
VC19	L21	3,8	6,4	L22	3,8	8,0				54,5
VC20	L22	3,8	8,0							30,3
VP01	L8	3,0	6,9							20,7
VP02	L9	6,0	7,6							45,9
VP03	L10	4,0	6,7							26,7
VP05	L9	6,0	7,6	L12	6,0	5,7				79,8
VP06	L13	4,0	7,0	L10	4,0	6,7				54,8
VP07	L14	4,7	6,6	L11	4,7	2,8				44,2
VP08	L15	3,0	6,2							18,2
VP09	L8	3,0	6,9							20,7
VP10	L12	6,0	5,7							33,9
VP11	L13	4,0	7,0							28,1
VP12	L14	4,7	6,6							31,1
VP13	L15	3,0	6,2							18,2
VP15	L9	4,5	9,5	L8	5,9	4,6				70,2
VP16	L10	4,5	6,0	L9	4,5	9,5				70,1
VP17	L11	1,9	4,5							8,3
VP18	L8	5,9	4,6							27,2
VP19	L13	3,8	7,4							28,0
VP20	L14	3,8	7,9							29,8
VP21	L15	3,8	5,1							19,1
VP22	L15	3,8	5,1							19,1

Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

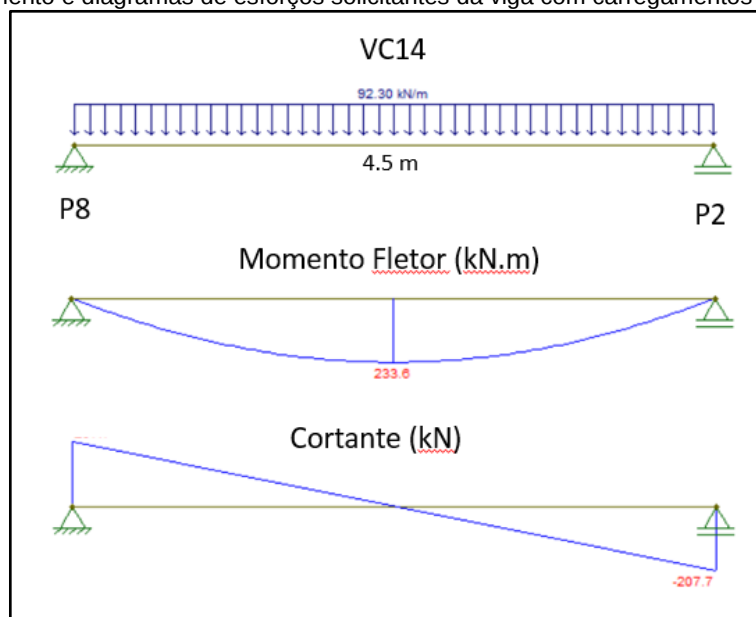
A partir dos dados apresentados, escolheram-se as vigas e pilares mais solicitados para fazer uma análise usando o ftool e equações de pré-dimensionamento e definir suas dimensões. A Figura 48 mostra a verificação da laje 17, viga VC14, e pilar P2, em seguida, a Figura 49 representa os resultados obtidos no Ftool.

Figura 48 Verificação da laje 17, VC14 e pilar P2

$h = \frac{l_x}{40} = \frac{282,75}{40} = 7,1 \text{ cm}$	Seja h a altura da laje l_x a menor dimensão da laje
$h = \frac{l_o}{10} = \frac{450}{10} = 45 \text{ cm}$	Seja h a altura da viga l_o o comprimento em balanço da viga
$\sigma = \frac{N}{A_s} = \frac{207}{220} = 0,9 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 1,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$	Seja N a força normal aplicada no pilar A_s a área de seção transversal do pilar

Fonte: elaborado pelos autores (2016)

Figura 49 Carregamento e diagramas de esforços solicitantes da viga com carregamentos mais elevados, VC14



Fonte: elaborado pelos autores (2016)

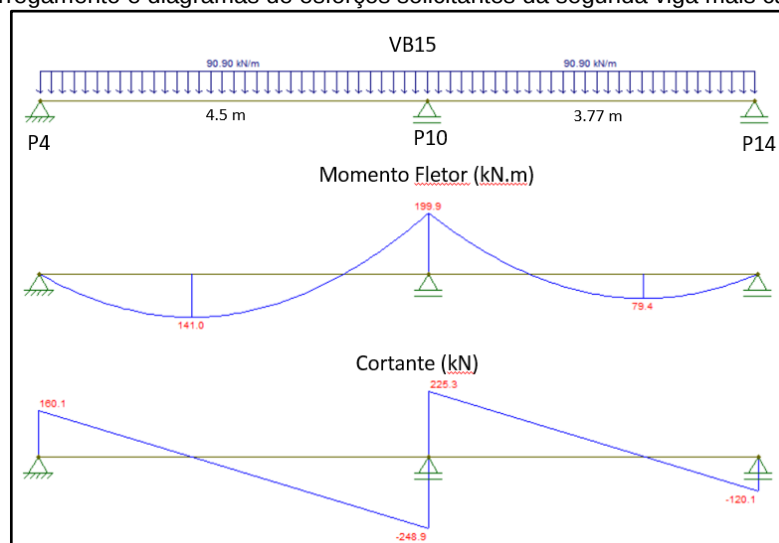
Para a laje 4, viga VB15 e pilar P10, foi feito o mesmo procedimento, obtendo os resultados mostrados nas Figuras 50 e 51.

Figura 50 Verificação da laje 4, VB 15 e P10

$h = \frac{l_x}{40} = \frac{450}{40} = 11,3 \text{ cm}$	Seja h a altura da laje l_x a menor dimensão da laje
$h = \frac{l_o}{10} = \frac{400}{10} = 40 \text{ cm}$	Seja h a altura da viga l_o o comprimento em balanço da viga
$\sigma = \frac{N}{A_s} = \frac{225}{220} = 1,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 1,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$	Seja N a força normal aplicada no pilar A_s a área de seção transversal do pilar

Fonte: elaborado pelos autores (2016)

Figura 51 Carregamento e diagramas de esforços solicitantes da segunda viga mais carregada, VB15



Fonte: elaborado pelos autores (2016)

A partir dos resultados analisados e por simplificação executiva adotou-se as seguintes dimensões padrão:

- Lajes: espessura de 17 cm;
- Vigas: seções de 11 cm x 40 cm;
- Pilares: seções de 11 cm x 22 cm

O estudo feito mostrou que o lançamento estrutural proposto contribui para a distribuição de cargas de modo constante sendo, portanto, um bom ponto de partida. Para o dimensionamento, será estudada a estrutura a partir desta etapa no software Robot, conforme Apêndice B.

4.7.12 Robot Structural Analysis

O Robot é um software da Autodesk compatível com o Revit Architecture, portanto compatível com a plataforma BIM, de análise estrutural que foi utilizado para o cálculo e verificação da estrutura deste projeto, a partir do pré-dimensionamento exposto acima e dos parâmetros já mencionados neste texto.

Muito utilizado nos EUA e na Europa, o Robot pode ser configurado para o cálculo da estrutura utilizando as normas específicas de cada país. No entanto, a Autodesk não disponibilizou ainda as configurações com base nas normas brasileiras. Sendo assim, é um software ainda pouco utilizado no Brasil.

É possível no entanto, configurar manualmente os parâmetros desejados para os cálculos. Para tal, utilizou-se o trabalho de conclusão de curso de André Filipe Mafrá de Oliveira, do curso de Engenharia Civil da Faculdade Regional de Blumenau: UTILIZAÇÃO DO ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PARA PROJETOS DE ESTRUTURAS USUAIS DE CONCRETO ARMADO CONFORME NBR 6118:2014.

Ainda, a operação deste software é bastante complexa, tendo sido necessária a aquisição de um curso do Engenheiro Fabrício Ferreira (ENGENHABIM) pelos integrantes do grupo para a realização deste trabalho.

O fluxo de trabalho proposto pela Autodesk para o uso do ROBOT consiste em quatro etapas principais:

- 1- Lançamento da estrutura;
- 2- Análise da estrutura;
- 3- Cálculo da área de armadura necessária para cada elemento;
- 4- Aplicação da armadura em cada elemento;
- 5- Reconfiguração das armaduras de cada elemento;
- 6- Exportação da estrutura armada para o software REVIT novamente.

Durante a realização das etapas, foram constatados alguns problemas e dificuldades quanto a integração entre os softwares. Ao realizar a importação e exportação dos arquivos entre os sistemas, algumas famílias não foram reconhecidas, gerando problemas de alinhamento. Para solucionar esses erros de consistência foi necessário relançar a estrutura. Além disso, ao importar os elementos, os nomes eram alterados, perdendo-se a nomenclatura usual usada para o pré-dimensionamento.

O tratamento das informações obtidas através do software Robot também se mostrou problemático já que as opções de importação das pranchas de desenho e memórias de cálculo são padronizadas e não permitem fácil reconfiguração.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a realização deste trabalho, os alunos perceberam a complexidade e o volume de informações das quais se necessita para elaborar o projeto de uma edificação, por mais simples que ela seja.

O primeiro desafio superado foi o uso de técnicas e conhecimentos de arquitetura que não foram desenvolvidos durante a formação em engenharia civil. Somou-se a isso, a necessidade de compatibilização entre os projetos estruturais e de sistemas prediais elétricos e de água fria e esgoto, que exigiram para sua elaboração, uma revisão de todas as disciplinas já cursadas durante a graduação.

A elaboração e representação dos projetos também foi uma tarefa dificultosa, dado que o uso de softwares compatíveis com o modelo BIM não é abordado durante o curso de graduação. Apesar de haver perspectiva de aumento da utilização destas ferramentas no mercado brasileiro, ainda há pouca uniformidade das informações, baixa padronização das bibliotecas e dificuldade em obter “templates” e “famílias” de materiais completas e gratuitas.

Concluído este projeto ficou evidente para o grupo a importância do trabalho em conjunto de todos os projetistas para gerarem um projeto ótimo, com as menores interferências possíveis e com um bom fluxo de trabalho. Relacionar todas as disciplinas e associar os conceitos teóricos ao projeto prático foi um trabalho que exigiu extrema atenção.

Os softwares compatíveis com a tecnologia BIM possuem uma gama de possibilidades e funcionalidades que permitem o fácil acesso a informações para análises mais aprofundadas e multidisciplinares. Para tanto, ficou clara a necessidade de uma melhor formação do profissional projetista em BIM. Não é possível implantar esta metodologia em um escritório de projetos sem investir tempo em planejamento e treinamento.

Como sugestão para o curso de engenharia civil na Escola Politécnica, indica-se o oferecimento de uma disciplina obrigatória de “Projetos”, de modo a garantir que

todo graduando tivesse contato com os desafios e aprendizados obtidos na elaboração de projetos, usando uma ferramenta usual no mercado profissional.

A busca por soluções a cada desafio foi o que impulsionou a elaboração deste trabalho. O resultado final apresentado demonstra que o objetivo traçado inicialmente foi alcançado e o aprendizado adquirido será muito importante para o início do novo ciclo profissional dos alunos.

6 REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6492**: Representação de projetos de arquitetura. Rio de Janeiro, 1992.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13532**: Elaboração de projetos de edificações. Rio de Janeiro, 1995.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7480**: Aço destinado a armaduras para estruturas. Rio de Janeiro, 2007.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14859-1**: Laje pré fabricada - Requisitos. ABNT. Rio de Janeiro. 2002.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. ABNT. Rio de Janeiro. 2003.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. ABNT. Rio de Janeiro. 2014.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. ABNT. Rio de Janeiro. 1980.

ALBERNAZ, M. P.; LIMA, C. M. **Dicionário Ilustrado de Arquitetura**. São Paulo: Pro Editores Associados, 1998.

ALMEIDA, L. C. D. **Notas de Aula ec 802**. Campinas: Unicamp, 2006.

ALMEIDA, R. J. D. et al. **Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Estrutura**. São Paulo: Indústria Imobiliária, 2012.

ALMEIDA, R. J. D. et al. **Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Instalações Elétricas**. São Paulo: Indústria Imobiliária, 2012.

ALMEIDA, R. J. D. et al. **Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Instalações Hidráulicas**. São Paulo: Indústria Imobiliária, 2012.

ALMEIDA, R. J. D. et al. **Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Paisagismo**. São Paulo: Indústria Imobiliária, 2012.

BANGASH, M. Y. H.; BANGASH, T. **Staircases - Structural Analysis and Design**. : A.A. Balkema, 1999.

BASTOS, P. S. D. S. **Notas de Aula 2133**. Bauru: Unesp, 2013.

CAMBIAGHI, H.; AMÁ, R. **Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Arquitetura E Urbanismo**. São Paulo: Indústria Imobiliária, 28/11/2012.

CARMO, M. BBC, 2013. Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/02/130206_predios_verdes_argentina_jp_mc.shtml>.

FUSCO, P. B. **Estruturas de Concreto-Fundamentos do Projeto Estrutural**. São Paulo: McGraw Hill, 1976.

GESTÃO Urbana. Disponível em: <<http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/>>.

HACHICH, W. et al. **Fundações**: teoria e prática 2a ed. São Paulo: PINI, 1998.

ILHA, M. S. D. O.; GONÇALVES, O. M. **Texto Técnico/EPUSP**: Sistemas Prediais de Água Fria. São Paulo: USP, 2008.

INSTALAÇÕES Elétricas Residenciais. São Paulo: Prysmian Energia Cabos e Sistemas do Brasil S.A. (Pirelli), 2006.

INTERNATIONAL Green Roof Association. **IGRA**, 2016. Disponível em: <<http://www.igra-world.com/benefits/index.php>>.

LEONHARDT, F.; MONNIG, E. **CONSTRUÇÕES DE CONCRETO - VOLUME I**: Principios Básicos do Dimens. de Estrut. de Concreto Armado. Interciencia, 1977.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamento de obras**. São Paulo: PINI, 2006.

MATTOS, A. D. **Blogs Pini**, 30 abr. 2014. Disponível em: <<http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/como-trabalhar-com-empolamento-e-contracao-311252-1.aspx>>.

NARDELLI, E. S.; TONSO, L. G. **BIM – Barreiras institucionais para a sua implantação no Brasil**. São Paulo, 2014.

NEUFERT, E. **Arte de Projetar em Arquitetura**. São Paulo: Editorial Gustavo Gili S.A., 1998.

NT - 6.012 - Requisitos Mínimos para Interligação de Microgeração e Minigeração Distribuída com a Rede de Distribuição da AES Eletropaulo com Paralelismo Permanente Através do Uso de Inversores - Consumidores de Média e de Baixa Tensão. São Paulo: AES ELETROPAULO, 2016.

OLIVEIRA, L. M. D. **Diretrizes para projeto de blocos de concreto armado sobre estacas**. São Paulo: USP, 2009.

PINTO, C. D. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. São Paulo: Oficina, 2001.

SANTOS, L. M. D. **Cálculo de Concreto Armado - vol 1**. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.

SÃO PAULO, Lei no 16.050 de 31 de Julho de 2014.

SÃO PAULO, Lei Nº 16.402, DE 22 DE MARÇO DE 2016.

SONNE, J. **Evaluating Green Roof Energy Performance** 2006.

SOUZA, A. F. M. D. **UTILIZAÇÃO DO ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PARA PROJETOS DE ESTRUTURAS USUAIS DE CONCRETO ARMADO CONFORME NBR 6118**: 2014. Blumenau: FURB, 2014.

SOUZA, L. L. A. D.; AMORIM, S. R. L.; LYRIO, A. D. M. IMPACTOS DO USO DO BIM EM ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA: OPORTUNIDADES NO MERCADO IMOBILIÁRIO. **Gestão & Tecnologia de Projetos - Periódico Científico do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da USP**, 2009.

SUCCAR, B. Building Information Modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, 2009.

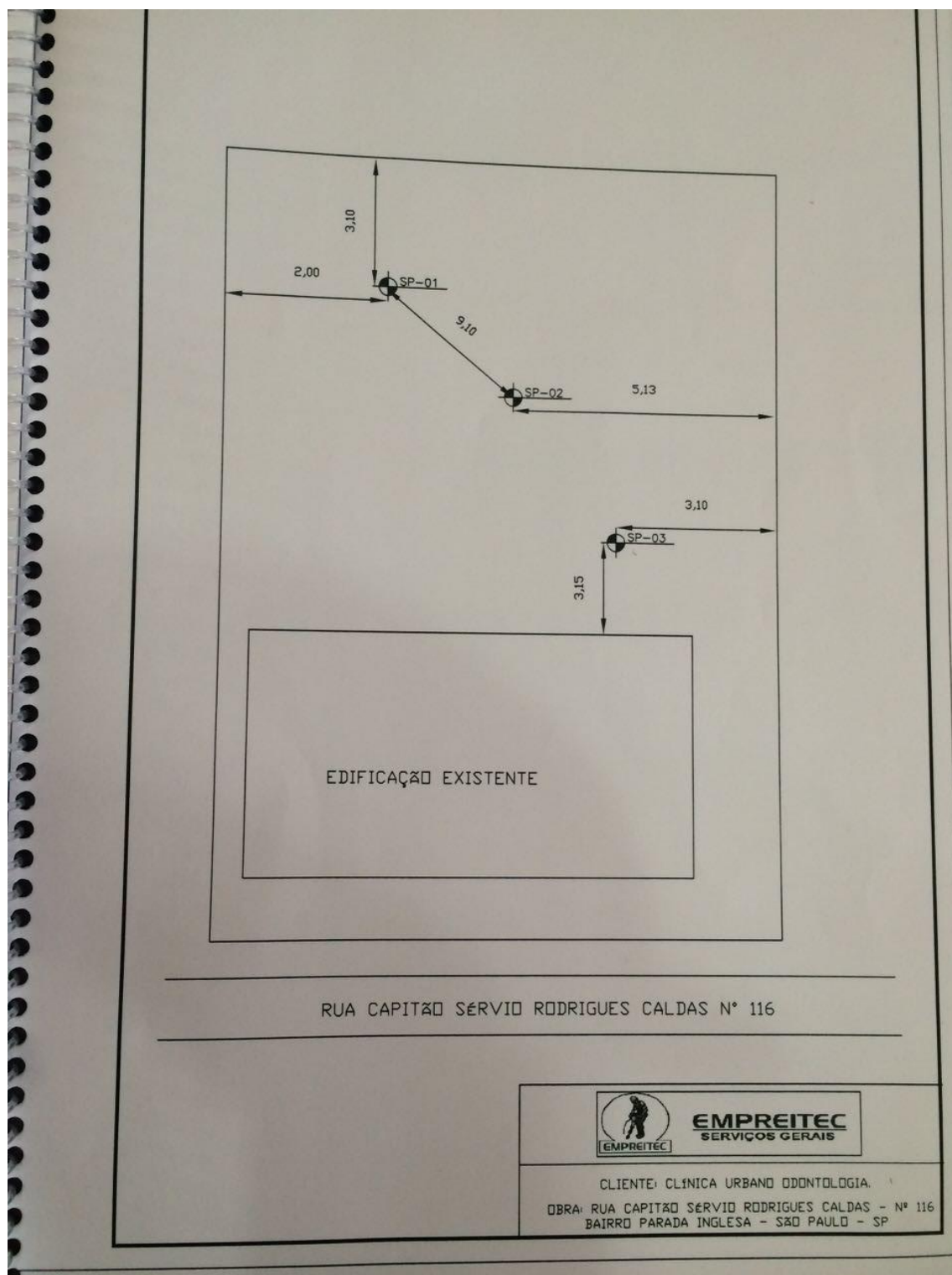
SÜSSEKIND, J. C. **Curso De Concreto Vol 2**. Rio de Janeiro: Globo, 1987.

SUSSEKIND, J. C. **Curso de Concreto Vol. 1 Concreto Armado**. Rio de Janeiro: Globo, 1987.

TIGRE S/A. **Site da Tigre S/A**, 15 Novembro 2016. Disponível em: <<http://www.tigre.com.br/>>.

VELLOSO, D. D. A.; LOPES, F. D. R. **Fundações (volume completo)**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

ANEXO A - SONDAgens SPT



Fonte: EMPREITEC

PERFIL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO										CONFORME NBR 6484-01 NBR 60502/95	SP-01	01/01
N.º ON	PROF. ON	PERFIL GEOLÓGICO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CLASS. GEOLÓGICA	COTA (m)	EQUIP. UTILIZADO: E001			SPT ON	AMOSTRA	TODAS TORÇÕES RESIDUAIS	
						N.º DE GOLPES	PENETRAÇÃO					
									GRÁFICO SPT ON			
									kgf/cm			
	1,40		ARGILA ARENOSA, MARROM ESCURO	ATERRO	1,00	2	4	5	9			
	7,45		ARGILA SILTOSA, VARIEGADA	SEDIMENTOS	2,00	3	3	4	7			
		3,00			4	5	6	11				
		4,00			4	5	7	12				
		5,00			4	4	6	10				
		6,00			3	3	3	6				
	7,60				7,00	2	3	4	7			
			AREIA FINA, ARGILOSA, CINZA CLARO E MARROM		8,00	2	2	3	5			
		9,00			1	2	2	4				
		10,00			2	3	3	6				
		11,00			1	2	1	3				
		12,00			2	2	2	5				
		13,00			2	2	3	5				
	13,68		ARGILA SILTOSA, VARIEGADA		14,00	7	8	10	5			
		15,00			8	10	12	22				
	16,50		AREIA FINA, ARGILOSA, CINZA CLARO E MARROM		16,00	10	13	18	31			
		17,00			7	10	13	23				
	17,85		ARGILA SILTOSA, CINZA		18,00	8	15	20	35			
		19,00			10	17	23	40				
	20,45				10	15	21	36				
		(FINAL)			20,00	15	15	15				

NÍVEIS D'ÁGUA						DATA		INICIO		21/08/2015		AVANÇO		TRADD		0,00-8,00	
DATA	HORA	PROF	DATA	HORA	PROF	COORD	N	COORD	E	COORD	E	COORD	E	COORD	E	COORD	E
21/08/2015	10:30	7,80	21/08/2015	10:50	7,45												
21/08/2015	10:40	7,50															

REVEST.		9,00		COTA			
LAV.		8,00-20,00		COTA			

CLIENTE		CLÍNICA URBANO ODONTOLOGIA	
DBR		RUA CAPITÃO SÉRGIO RODRIGUES CALDAS - Nº 116 BAIRRO PARADA INGLESA - SÃO PAULO - SP	

RESPONSÁVEL		Geol. EDILSON PISSATO CREA 190065/D		ESCALA		DATA		01/09/2015		DESENHO Nº		REV	

Fonte: EMPREITEC

PERFIL DE SONDAÇÃO À PERCUSSÃO										CONFORME: NBR6484/01 NBR6502/95		SP-02		01/02		
NA (m)	PROF. (m)	PERFIL GEOLOGICO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CLASSE GEOLOGICA-GEOTECNICA	COTA (m)	EQUIP. UTILIZADO: E901			SPT (kg)	AMOSTRA	AMOSTR.: TERZAGHI & PECK				TORQUE	TORQUE RESIDUAL
						Nº DE GOLPES					GRAFICO SPT (kg)					
						PENETRAÇÃO							kgf.m			
			ARGILA ARENOSA, MARROM ESCURO	ATERRO	1,00	1	2	2	4	01						
					2,00	1	2	2	4	02						
					3,00	2	2	3	5	03						
			ARGILA SILTOSA, VARIEGADA	SEDIMENTOS	4,00	2	3	3	6	04						
					5,00	3	3	4	7	05						
					6,00	2	2	3	5	06						
					7,00	2	3	3	6	07						
					8,00	3	3	4	7	08						
					9,00	2	2	3	5	09						
			AREIA FINA, ARGILOSA, CINZA CLARO E MARROM		10,00	1	2	2	4	10						
					11,00	2	2	3	5	11						
					12,00	1	2	3	5	12						
					13,00	1	1	2	3	13						
					14,00	2	1	2	3	14						
					15,00	2	2	3	5	15						
					16,00	3	3	4	7	16						
					17,00	5	6	8	14	17						
			ARGILA SILTOSA, CINZA		18,00	8	10	13	23	18						
					19,00	7	10	10	20	19						
					20,00	8	10	15	35	20						

NÍVEIS D'ÁGUA						DATA		INÍCIO		21/08/2015		AVANÇO		TRADO		0,00-9,00	
DATA	HORA	PROF.	DATA	HORA	PROF.	DATA	TERMINO	21/08/2015	LAV.	9,00-23,00	REVEST.	10,00	COTA				
22/08/2015	--	9,00	22/08/2015	--	8,49												
22/08/2015	--	8,89															

RESPONSÁVEL:		Geol. EDILSON PISSATO		CREA 190065/D		ESCALA:		DATA:		01/09/2015		DESENHO N.º:		REV.º:	
 EMPREITEC SERVIÇOS GERAIS RUA TERESINHA GONÇALVES, 241 - PLANALTO PAULISTA - SÃO PAULO CEP: 04059-020 - TEL: 11 2638 - 3899 CLIENTE: CLINICA URBANO ODONTOLOGIA. OBRA: RUA CAPITÃO SÉRGIO RODRIGUES CALDAS - Nº 116 BAIRRO PARADA INGLESA - SÃO PAULO - SP															

Fonte: EMPREITEC

PERFIL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO										CONFORME: NBR 6484/01 NBR 60502/95	SP-02	02/08			
NA (m)	PROF. (m)	PERFIL GEOLOGO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CLASS. GEOLOGICA- GEOTECNICA	COTA (m)	EQUIP. UTILIZADO: EQ01			SPT NO	AMOSTRA	ANÁLISE: TERZAGHI & PECK				TORQUE TENSÃO RESIDUAL
						Nº DE GOLPES PENETRAÇÃO					4º Queda de 75cm 1º N° PESO MEDIO DE 65 kg GRÁFICO SPT (NO)				
									10 20 30 40				kgf/cm		
			ARGILA SILTOSA, CINZA	SEDIMENTOS	21,00	10	13	18	31	(21)					
					22,00	9	14	17	31	(22)					
					23,00	10	15	20	35	(23)					
					23,45	15	15	15							
					24,00				12	(24)					
					25,00				10	(25)					
					26,00				6	(26)					
					27,00				7	(27)					
					28,00				5	(28)					
					29,00				4	(29)					
					30,00				6	(30)					
					31,00				3	(31)					
					32,00				5	(32)					
					33,00				5	(33)					
					34,00				5	(34)					
					35,00				22	(35)					
					36,00				31	(36)					
					37,00				23	(37)					
					38,00				35	(38)					
					39,00				40	(39)					
					40,00				36	(40)					

NÍVEIS D'ÁGUA						INÍCIO		TERMINO		AVANÇO		REVEST.		COTA	
DATA	HORA	PROF.	DATA	HORA	PROF.	DATA	HORA	DATA	HORA	DATA	HORA	DATA	HORA	DATA	HORA

 EMPREITEC SERVIÇOS GERAIS RUA TERESINHA GONÇALVES, 241 - PLANALTO PAULISTA - SÃO PAULO CEP: 04059-020 - TEL: 11 2638 - 3899	CLIENTE: CLÍNICA URBANO ODONTOLOGIA.
	OBRA: RUA CAPITÃO SÉRGIO RODRIGUES CALDAS - Nº 116 BAIRRO PARADA INGLESA - SÃO PAULO - SP
RESPONSÁVEL: Geol. EDILSON PISSATO CREA 190065/D	ESCALA: DATA: 01/09/2015
	DESENHO Nº: REV:

Fonte: EMPREITEC

PERFIL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO										CONFORME: NBR6484/01 NBR6002/95		SP-03		01/02		
NA	PROF.	PROF. GEOLOGO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CLASSE GEOLÓGICA	COTA	EQUIP. UTILIZADO: EQ01			SPT	AMOSTRA	AMOSTRA: TERZAGHI & PECK				TORQUE	TORQUE RESIDUAL
						Nº DE GOLPES PENETRAÇÃO					gr 30 QUIDA DE 75mm gr 30 PESO MEDIO DE 65 kg GRAFICO SPT ON					
	0,90		ARGILA ARENOSA, MARROM ESCURO	AT	1,00	2	3	4	7	01						
	9,43		ARGILA SILTOSA, VARIEGADA	SEDIMENTOS	2,00	2	2	4	6	02						
		3,00			3	3	4	7	03							
		4,00			2	2	2	4	04							
		5,00			2	2	3	5	05							
		6,00			3	3	5	8	06							
		7,00			2	3	5	8	07							
		8,00			1	2	2	4	08							
		9,00			2	2	2	4	09							
		10,00			2	3	3	6	10							
	11,00				AREIA FINA, ARGILOSA, CINZA CLARO E MARROM		11,00	3	3	4	7	11				
		12,00	3	2			4	6	12							
		13,00	1	2			3	5	13							
		14,00	2	2			3	5	14							
		15,00	2	3			5	8	15							
		16,00	7	10			10	20	16							
		17,00	3	8			8	16	17							
		18,00	6	8			10	18	18							
		19,00	10	15			20	35	19							
	17,20		ARGILA SILTOSA, CINZA				20,00	10	17	23	40	20				

NÍVEIS D'ÁGUA						DATA		INÍCIO		21/08/2015		AVANÇO		TRABO		0,00-10,00	
DATA	HORA	PROF	DATA	HORA	PROF	DATA	TERMINO	21/08/2015	DATA	TERMINO	21/08/2015	DATA	TERMINO	21/08/2015	DATA	TERMINO	21/08/2015
22/08/2015	--	9,68	22/08/2015	--	9,43	22/08/2015	--	9,43	22/08/2015	--	9,43	22/08/2015	--	9,43	22/08/2015	--	9,43
22/08/2015	--	9,50															

REVEST.		11,00		COTA		CLIENTE		CLÍNICA URBANO ODONTOLOGIA	
REVEST.		11,00		COTA		CLIENTE		CLÍNICA URBANO ODONTOLOGIA	
REVEST.		11,00		COTA		CLIENTE		CLÍNICA URBANO ODONTOLOGIA	
REVEST.		11,00		COTA		CLIENTE		CLÍNICA URBANO ODONTOLOGIA	

RESPONSÁVEL		Geol. EDILSON PISSATO		CREA 190065/D		ESCALA		DATA		01/09/2015		DESENHO N.º		REV.º	
RESPONSÁVEL		Geol. EDILSON PISSATO		CREA 190065/D		ESCALA		DATA		01/09/2015		DESENHO N.º		REV.º	

Fonte: EMPREITEC

PERFIL DE SONDAÇÃO À PERCUSSÃO										CONFORME: NBR6484/01 NBR60502/95	SP-03	DE/08			
Nº	PROF. (m)	PERFIL GEOLOGICO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CLASS. GEOLOGICA	COTA (m)	EQUIP. UTILIZADO: E901			SPT (kg)	AMOSTRA	AMOSTRA: TERZAGHI & PECK 42" QUEDA DE 75cm #1 N° PESO MEDIO DE 65 kg GRAFICO SPT (kg)				TUBO DE TORÇÃO RESIDUAL
						N° DE GOLPES PENETRAÇÃO					10	20	30	40	
	21,45		ARGILA SILTOSA, CINZA	SED	21,00	11	18	25	43	(21)					
					22,00	15	15	15		(22)					
					23,00					(23)					
					24,00				12	(24)					
					25,00				10	(25)					
					26,00				6	(26)					
					27,00				7	(27)					
					28,00				5	(28)					
					29,00				4	(29)					
					30,00				6	(30)					
					31,00				3	(31)					
					32,00				5	(32)					
					33,00				5	(33)					
					34,00				5	(34)					
					35,00				22	(35)					
					36,00				31	(36)					
					37,00				23	(37)					
					38,00				35	(38)					
					39,00				40	(39)					
					40,00				36	(40)					

NÍVEIS D'ÁGUA						AVANÇO		REVEST.		COTA	
DATA	HORA	PROF.	DATA	HORA	PROF.	DATA	INICIA	DATA	TERMINA	Nº	E

CLIENTE		OBRA		ESCALA		DATA		DESENHO Nº		REV.	
CLINICA URBANO ODONTOLOGIA		RUA CAPITAO SERVID RODRIGUES CALDAS - Nº 116 BAIRRO PARADA INGLESA - SÃO PAULO - SP				01/09/2015					

RESPONSÁVEL: Geol. EDILSON PISSATO
CREA 190065/D

EMPREITEC
SERVIÇOS GERAIS
RUA TERESINHA GONÇALVES, 241 - PLANALTO PAULISTA - SÃO PAULO
CEP: 04059-020 - TEL: 11 2638 - 3899

Fonte: EMPREITEC

APÊNDICE A – PADRÃO DE PROJETO

- Nomenclatura de documentos

Adotou-se a seguinte padronização técnica para a nomenclatura dos documentos:

TF-XXX-YYY-REV00-FZZ

Onde XXX indica o subsistema a qual pertence o documento:

- EST: Projeto Estrutural;
- ARQ: Projeto de arquitetura;
- IMP: Projeto de Implantação;
- FUN: Projeto de Fundação;
- HID: Projeto de Instalações Hidráulicas;
- ELE: Projeto de Instalações Elétricas.

Onde YY indica o tipo de desenho do documento:

- PB: Planta Baixa;
- DET: Detalhamento;
- DIS: Distribuição;
- UNI: Uni-filar;
- LOC: Locação.

Onde REV00 indica a revisão do projeto que pertence ao documento.

Onde ZZ indica a folha do documento.

APÊNDICE B – PROJETO DE ESTRUTURAIS

Lista de documentos pertencentes a este apêndice:

Código	Título do desenho
TF-EST-DET-REV17-F01	Detalhamento Lajes Cobertura
TF-EST-DET-REV17-F02	Detalhamento Lajes 2º Pavimento
TF-EST-DET-REV17-F02	Detalhamento Lajes 1º Pavimento
TF-EST-DET-REV17-F08	Detalhamento Pilares
TF-EST-DET-REV17-F09	Detalhamento Pilares
TF-EST-DET-REV17-F10	Detalhamento Pilares
TF-EST-DET-REV17-F08	Detalhamento Vigas Cobertura
TF-EST-DET-REV17-F09	Detalhamento Vigas 2º Pavimento
TF-EST-DET-REV17-F10	Detalhamento Vigas 1º Pavimento
TF-EST-LOC-REV17-F00	Locação Lajes, Vigas e Pilares
TF-EST-MC-REV17-F10	Memória de Cálculo – Lajes
TF-EST-MC-REV17-F10	Memória de Cálculo – Vigas
TF-EST-MC-REV17-F10	Memória de Cálculo – Pilares

APÊNDICE C – PROJETO DE MOVIMENTO DE TERRA

Lista de documentos pertencentes a este apêndice:

Código	Título do desenho
TF-FUND-LEV-REV00-F00	Movimento de Terra

APÊNDICE D – PROJETO DE FUNDAÇÕES

Lista de documentos pertencentes a este apêndice:

Código	Título do desenho
TF-FUND-LOC-REV00-F00	Locação das fundações
TF-FUND-DET-REV00-F01	Detalhamento das armaduras

APÊNDICE E – PROJETO DE HIDRÁULICA

Lista de documentos pertencentes a este apêndice:

Código	Título do desenho
TF-HID-PB--F01	Planta Baixa AF Esgoto Pluvial- Cobertura e 2º Pav
TF-HID-PB--F02	Planta Baixa AF Esgoto Pluvial - 1º Pav e Lazer
TF-HID-DET-F03	Detalhamento - Cobertura
TF-HID-DET-F04	Detalhamento – 2º Pav – Suítes 1 e 2
TF-HID-DET-F05	Detalhamento – 2º Pav – Suítes 3
TF-HID-DET-F06	Detalhamento – 1º Pav
TF-HID-DET-F07	Detalhamento – 1º Pav – Cozinha e Lavanderia
TF-HID-DET-F08	Detalhamento – Lazer - Churrasqueira
TF-HID-DET-F09	Detalhamento – Lazer – WC
TF-HID-MEC	Memória de Cálculo

APÊNDICE F – PROJETO ELÉTRICO

Lista de documentos pertencentes a este apêndice:

Código	Título do desenho
TF-ELE-DIS-F01	Distribuição e Iluminação – 1º Pavimento
TF-ELE-DIS-F02	Distribuição e Iluminação – 2º Pavimento
TF-ELE-DIS-F03	Distribuição e Iluminação – Lazer
TF-HID-DET-F04	Diagrama Unifilar – QDL1 e QDL2
TF-HID-MEC	Diagrama Unifilar – QDL1 e QDL2

APÊNDICE G – PROJETO DE ARQUITETURA

Lista de documentos pertencentes a este apêndice:

Código	Título do desenho
TF-ARQ-PB-F01	Planta do primeiro pavimento
TF-ARQ-PB-F02	Planta do segundo pavimento
TF-ARQ-PB-F03	Planta da cobertura
TF-ARQ-PB-F04	Planta da área de lazer
TF-ARQ-PB-F05	Cortes e elevações

APÊNDICE H – PROJETO DE IMPLANTAÇÃO

Lista de documentos pertencentes a este apêndice:

Código	Título do desenho
TF-IMP-PB-F10	Implantação da edificação